

miscellanea INGV

Giuseppe Mercalli
da Monza al Reale Osservatorio Vesuviano:
una vita tra insegnamento e ricerca

Contributi presentati per l'inaugurazione
dell'Anno Mercalliano

Napoli 19 marzo 2014

24



Editorial Board

Andrea Tertulliani - Editor in Chief (INGV - RM1)
Luigi Cucci (INGV - RM1)
Nicola Pagliuca (INGV - RM1)
Umberto Sciacca (INGV - RM1)
Alessandro Settimi (INGV - RM2)
Aldo Winkler (INGV - RM2)
Salvatore Stramondo (INGV - CNT)
Gaetano Zonno (INGV - MI)
Viviana Castelli (INGV - BO)
Marcello Vichi (INGV - BO)
Sara Barsotti (INGV - PI)
Mario Castellano (INGV - NA)
Mauro Di Vito (INGV - NA)
Raffaele Azzaro (INGV - CT)
Rosa Anna Corsaro (INGV - CT)
Mario Mattia (INGV - CT)
Marcello Liotta (Seconda Università di Napoli, INGV - PA)

Segreteria di Redazione

Francesca Di Stefano
Tel. +39 06 51860068
Fax +39 06 36915617
Rossella Celi
Tel. +39 095 7165851
redazionecen@ingv.it

m

Miscellanea

INGV

**GIUSEPPE MERCALLI DA MONZA AL REALE OSSERVATORIO VESUVIANO:
UNA VITA TRA INSEGNAMENTO E RICERCA**

CONTRIBUTI PRESENTATI PER L'INAUGURAZIONE DELL'ANNO MERCALLIANO

NAPOLI 19 MARZO 2014

a cura di Mauro Antonio Di Vito, Giovanni Pasquale Ricciardi, Sandro de Vita, Elena Cubellis, Andrea Tertulliani



24



Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia



Raccolta di contributi presentati in occasione
delle manifestazioni di apertura
dell'Anno Mercalliano presso:

Comitato scientifico

Stefano Gresta
Claudio Chiarabba
Antonio Navarra
Paolo Papale
Giuseppe De Natale
Alberto Michellini
Eugenio Privitera



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
SUOR ORSOLA
BENINCASA



Convitto Nazionale Vittorio Emanuele II



convittonapoli.it

Gruppo tecnico-organizzativo INGV per Anno Mercalliano

Massimo Ghilardi
Silvia Mattoni
Alessandro Amato
Giuliana D'Addezio

Graziano Ferrari
Caterina Piccione
Giovanni Pasquale Ricciardi
Andrea Tertulliani

Gruppo di lavoro INGV - Osservatorio Vesuviano per l'Anno Mercalliano

Mauro Antonio Di Vito
Sandro de Vita
Maddalena De Lucia
Alessandro Nicola Pino
Elena Cubellis
Rosa Nappi

Giuliana Alessio
Germana Gaudiosi
Girolamo Milano
Massimo Russo
Valeria Siniscalchi
Rosella Nave

Immagine di frontespizio

Mercalli sul Vesuvio nel 1912
durante la sua direzione dell'Osservatorio Vesuviano
(Archivio storico Reale Osservatorio Vesuviano)

Indice

Introduzione

Mauro Antonio Di Vito, Sandro de Vita, Elena Cubellis, Giovanni Pasquale Ricciardi, Andrea Tertulliani 7

Giuseppe Mercalli: storia di una vocazione scientifica

Pietro Redondi 9

Una riflessione sull'attività scientifica di Giuseppe Mercalli

Giuseppe Luongo 20

Le case che si sfasciano: teorie sismologiche ed architettura antisismica dalle origini alla *legge architettonica* di Giuseppe Mercalli

Giovanni Pasquale Ricciardi 31

I luoghi Mercalliani: gli studi attraverso l'Italia dal 1876 al 1914

Mauro Antonio Di Vito, Giovanni Pasquale Ricciardi, Giuliana Alessio, Sandro de Vita, Rosa Nappi, Tullia Uzzo 40

I vulcani attivi dell'area napoletana: Vesuvio, Campi Flegrei e Ischia negli studi di Giuseppe Mercalli

Sandro de Vita, Giovanni Pasquale Ricciardi, Mauro Antonio Di Vito, Enrica Marotta 50

Vulcano: l'eruzione del 1888-1890 negli studi di Giuseppe Mercalli

Valeria Siniscalchi, Rosa Nave 59

Stromboli: l'eruzione del 1891 negli studi di Giuseppe Mercalli

Rosa Nave, Valeria Siniscalchi 65

Giuseppe Mercalli e lo studio del bradisismo flegreo

Carlo Del Gaudio, Ida Aquino, Mauro Antonio Di Vito, Giovanni Pasquale Ricciardi, Ciro Ricco 71

Giuseppe Mercalli e l'eruzione del Vesuvio del 1906

Maddalena De Lucia, Giovanni Pasquale Ricciardi 78

Mercalli e la sismicità dell'isola d'Ischia

Elena Cubellis 85

La catastrofe calabro-messinese del 1908: l'analisi di Mercalli del terremoto più disastroso della storia d'Italia

Nicola Alessandro Pino, Girolamo Milano 91

Intensità macrosismica e magnitudo: stime diverse della forza dei terremoti

Girolamo Milano, Nicola Alessandro Pino 98

Breve storia delle misurazioni dell'Intensità Macrosismica in Italia da Giuseppe Mercalli fino ai giorni nostri

Germana Gaudiosi, Rosa Nappi, Giuliana Alessio, Sabina Porfido 104

La figura di Giuseppe Mercalli come docente del Regio liceo Vittorio Emanuele

Gioia Molisso 133

Giuseppe Mercalli professore di Scienze Naturali all'Istituto Suor Orsola Benincasa

Rosa Casapullo, Tullia Uzzo, Mauro Antonio Di Vito 137

Giuseppe Mercalli e l'Osservatorio Vesuviano: la direzione dal 1911 al 1914

Massimo Russo, Maddalena De Lucia, Girolamo Milano, Giovanni Pasquale Ricciardi 145



La morte di Giuseppe Mercalli

Gioia Molisso, Sara Amoresano, Luisa Bojankow, Rosilena Carandente,
Lorenzo Perrella, Riccardo Vicinanza

151

Un omaggio a Giuseppe Mercalli: la Mercallite

Massimo Russo

156

L'Osservatorio Vesuviano: la vulcanologia tra passato e futuro

Giuseppe De Natale

160

Introduzione

A cento anni dalla scomparsa di Giuseppe Mercalli, sismologo e vulcanologo, noto principalmente per aver legato il suo nome a quello della scala per la misura dell'intensità dei terremoti, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ha promosso una serie di iniziative volte a rievocare la figura dell'illustre scienziato, in un itinerario lungo un anno che ripercorre i luoghi da lui vissuti da studioso e docente, dichiarando il duemilaquattordici "Anno Mercalliano".

"I luoghi di Mercalli" pertanto è stato il titolo della manifestazione inaugurale di questa iniziativa, che si è svolta il 19 marzo 2014 a Napoli presso il Liceo "Vittorio Emanuele II", dove Mercalli ha insegnato dal 1892 al 1911. La manifestazione è stata curata dall'Osservatorio Vesuviano, ente di cui Mercalli assunse la direzione proprio nel 1911, e vi hanno partecipato, oltre al Presidente dell'INGV, ricercatori e docenti dell'Università di Napoli "Federico II", dell'Università di Milano "Bicocca" ed Autorità locali. Ha preceduto tale manifestazione un incontro scientifico presso la Sede dell'Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche in Napoli, il 18 marzo, per celebrare congiuntamente i cento anni dalla scomparsa di Mercalli e il 70° anniversario dell'eruzione del Vesuvio del marzo 1944.

In occasione dell'evento del 19 marzo è stata realizzata una mostra itinerante che illustra le molteplici sfaccettature della personalità dello scienziato milanese e del suo contributo, talora determinante, per il progresso della conoscenza nel campo delle Scienze della Terra. La mostra, i cui contenuti sono disponibili online (www.ov.ingv.it), è stata presentata anche all'Istituto Suor Orsola Benincasa (7-11 aprile) e a Città della Scienza (24 giugno), e ne è prevista la presentazione alla Camera dei Deputati, a Roma, nel settembre 2014.

La mostra utilizza pannelli didattici esplicativi delle principali tappe della carriera scientifica di Mercalli, ed è arricchita dai suoi taccuini di campagna, dalle sue corrispondenze, da una collezione di rocce e minerali da lui raccolta, e da foto, libri e quotidiani d'epoca che riportano la cronaca delle calamità naturali oggetto di studio dello scienziato, fino alla tragica scomparsa nel rogo della sua abitazione napoletana.

I contributi della mostra, organizzati in forma di note brevi, sono stati raccolti in questo numero di Miscellanea, costituendo un elemento di forte arricchimento culturale nella riscoperta del paradigma mercalliano, attraverso un interessante dibattito scientifico. L'intento non è stato tanto quello di una celebrazione postuma, ma di evidenziare, da un punto di vista multidisciplinare, la molteplicità delle intuizioni di Mercalli, il quadro storico, scientifico e culturale in cui si sono sviluppate, e quanto ancora vi è di attuale nel pensiero mercalliano a cento anni dalla sua scomparsa.

La figura dell'uomo, dello studioso e la sua vocazione per la scienza sono ben condensate nei contributi del Prof. G. Luongo (Vice Presidente dell'Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche) *"Una riflessione sull'attività scientifica di Giuseppe Mercalli"*, e del Prof. P. Redondi (Università di Milano "Bicocca") *"Giuseppe Mercalli: storia di una vocazione scientifica"*.

Il filo conduttore della mostra itinerante è sviluppato nel contributo *"I luoghi Mercalliani: gli studi attraverso l'Italia dal 1876 al 1914"* a cura di M.A. Di Vito et al., in cui si descrive il percorso scientifico di Mercalli nelle diverse sedi d'Italia in cui ha operato.

Il percorso temporale degli studi di sismologia di Giuseppe Mercalli inizia dall'analisi dei terremoti di Ischia, come affrontato nell'articolo *"Mercalli e la sismicità dell'isola d'Ischia"* di E. Cubellis e nell'articolo *"Le case che si sfasciano: teorie sismologiche ed architettura antisismica dalle origini alla legge architettonica di Giuseppe Mercalli"* di G.P. Ricciardi. Sullo stesso tema segue il contributo *"La catastrofe calabro-messinese del 1908: l'analisi di Mercalli del terremoto più disastroso della storia d'Italia"* di N.A. Pino e G. Milano. Due contributi sviluppano il lungo percorso di analisi degli effetti dei terremoti che porterà Mercalli a formulare la Scala delle Intensità e il confronto tra due stime della grandezza di un terremoto. Il primo argomento è trattato nell'articolo *"La storia delle misurazioni dell'intensità macrosismica in Italia attraverso Giuseppe Mercalli fino ai giorni nostri"* di G. Gaudiosi et al.; il secondo è sviluppato nell'articolo *"Intensità macrosismica e magnitudo: stime diverse della "forza" dei Terremoti"* di G. Milano e N.A. Pino.

Giuseppe Mercalli studiò numerose eruzioni dei vulcani italiani (Stromboli, Vulcano, Etna, Vesuvio), classificando i loro meccanismi eruttivi. Tra gli studi di Mercalli "vulcanologo" rientrano le eruzioni alle isole Eolie; tali argomenti sono stati affrontati nell'articolo *"Vulcano: l'eruzione del 1888-1890"* di V. Siniscalchi e R. Nave, e nell'articolo *"Stromboli: l'eruzione del 1891"* di R. Nave e V. Siniscalchi. All'inizio del nuovo secolo, Mercalli, che osservava il Vesuvio dal 1898, studiò in dettaglio l'eruzione del 1906. I risultati delle sue analisi sono stati trattati nel contributo *"Giuseppe Mercalli e l'eruzione del Vesuvio del 1906"* di M. De Lucia e G.P. Ricciardi. L'interesse di Mercalli per i vulcani napoletani fu ampio, come si

rileva dagli articoli *“I vulcani attivi dell’area napoletana visti da Mercalli: Campi Flegrei, Vesuvio e Ischia”* di S. de Vita et al., e *“Giuseppe Mercalli e lo studio del Bradisismo Flegreo”* di C. Del Gaudio et al. In tale contesto si colloca anche il tributo a Mercalli da parte di Luigi Carobbi, celebre studioso dei minerali, riportato nella nota *“Un omaggio a Giuseppe Mercalli: la Mercallite”*, di M. Russo.

Giuseppe Mercalli ha dedicato una gran parte della sua vita all’insegnamento e alla formazione dei giovani, per appassionarli alle scienze della terra; tali obiettivi sono messi in luce da due articoli *“La figura di Giuseppe Mercalli come docente del regio liceo Vittorio Emanuele”* di G. Molisso e *“Giuseppe Mercalli professore di Scienze naturali all’Istituto Suor Orsola Benincasa”* di R. Casapullo et al.. La tragica morte di Mercalli suscita ancora grandi emozioni e stupore, come può evincersi dal contributo *“La morte di Giuseppe Mercalli”* di G. Molisso et al..

Mercalli nei pochi anni alla Direzione dell’Osservatorio Vesuviano (1911-1914) poté solo avviare un ambizioso programma di ricerche per monitorare il Vesuvio in tutte le sue manifestazioni, lasciando a chi gli successe un’eredità impegnativa. Per questo non mancano contributi sulla figura di Mercalli *“Direttore”* di un ente di fama e prestigio internazionale, affrontato nel sopra citato articolo *“I luoghi Mercalliani ...”* di M.A. Di Vito et al. e nell’articolo *“Giuseppe Mercalli e l’Osservatorio Vesuviano: la direzione dal 1911 al 1914”* di M. Russo et al., e nell’articolo di G. De Natale (Direttore dell’Osservatorio Vesuviano - INGV) *“L’Osservatorio Vesuviano: la vulcanologia tra passato e futuro”*, con un’analisi in chiave moderna dei risvolti e sviluppi dell’eredità di Mercalli a un secolo dalla sua scomparsa.

Mauro Antonio Di Vito
Sandro de Vita
Elena Cubellis
Giovanni Pasquale Ricciardi
Andrea Tertulliani

Giuseppe Mercalli: storia di una vocazione scientifica

Redondi P.

Università di Milano - Bicocca

Introduzione

L'iniziativa dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia di onorare nel 2014 il centenario della morte di Giuseppe Mercalli con un Anno Mercalliano di incontri e commemorazioni dimostra quanto la sua figura di scienziato sia ancora viva nella comunità scientifica italiana. Come ha scritto di recente Giuseppe Luongo [2011] in un importante saggio introduttivo alla riedizione anastatica del trattato *I vulcani attivi della terra*, Mercalli è stato un maestro di osservazione che ha lasciato una traccia profonda nei due settori della sismologia e della vulcanologia, e un forte pensatore, dotato di una visione globale e interattiva delle relazioni tra sismicità e vulcanismo che precorre, vista a ritroso, l'interpretazione unitaria che è diventata oggi la nostra di questi due ambiti di fenomeni.

Questa riscoperta dell'originalità scientifica dell'opera di Mercalli incita a ristudiare anche la sua biografia austera e solitaria di prete-geologo, per comprendere come si legavano tra loro l'opera e la vita di uno scienziato diverso dagli altri, allo stesso tempo uno dei protagonisti dell'avvento della vulcanologia come disciplina e grande marginale della scienza universitaria. Un'altra riscoperta di cui ci si deve felicitare in occasione di questo centenario è il riordino oggi pressoché concluso dei documenti e fotografie di Mercalli presenti nell'Archivio storico del Reale Osservatorio Vesuviano e la cui messa a disposizione costituisce la premessa per fare nuova luce sui suoi contributi durante l'ultimo periodo della sua vita. Le pagine che seguono si propongono un identico scopo, anche se riguardano non la conclusione, ma l'esordio della carriera di Mercalli. Esse presentano infatti alcune nuove testimonianze sulla sua formazione a Monza e a Milano fino alla sua decisione di trasferirsi a insegnare e fare ricerca in Italia meridionale. Frutto di ricerche condotte in vista di questo centenario presso vari archivi istituzionali e privati, questi documenti, va detto subito, non presentano clamorose novità, ma sono frammenti utili per farci meglio comprendere, a distanza di un secolo, la sua personalità e alcuni momenti significativi della sua carriera rimasti finora poco noti o noti soltanto a grandi linee.



Giuseppe Mercalli (ca. 1890). *Il Vesuvio da Plinio a Mercalli*. Il Secolo XX, 23, V, 1914 (Archivio storico Reale Osservatorio Vesuviano).

1. Il paradosso Mercalli

Prima di iniziare mi piacerebbe poter fissare un profilo, un sintetico ritratto dell'uomo Mercalli e dello scienziato quale potrebbe risultare da un documento originale dell'epoca. L'ideale sarebbe un *curriculum* scritto di suo pugno, ma dato che non sembra sussistere alcun autoritratto di questo genere, ci serviremo del giudizio che ci ha lasciato di lui, ormai cinquantenne, la commissione del concorso a cui era candidato per il posto di direttore dell'Osservatorio Vesuviano, concorso bandito nel 1902 [BUMIP, 1902] ed espletato due anni dopo. Presiedeva la commissione l'anziano geologo e senatore Giorgio Gemellaro, ma l'estensore della relazione di cui parliamo era Annibale Riccò, professore di Astrofisica a Catania dove dirigeva l'Osservatorio astronomico e geodinamico Etneo, un astronomo di formazione passato alla nascente vulcanologia e che da tempo conosceva personalmente Mercalli, con cui aveva condiviso anche una missione a Stromboli, una dozzina d'anni prima [Mercalli, 1891]:

“Il prof. Mercalli, con molta abnegazione ed attività ha dedicato molti anni della sua vita (1873-1902) ad osservazioni, indagini e lavori di geodinamica: egli sia a proprie spese, sia per onorifiche missioni affidatigli ha visitato i luoghi dei principali terremoti ed i vulcani eruttanti in quel periodo, ha studiato con grande cura ed acume questi fenomeni non solo, ma rimontando ai consimili precedenti sino ai primi ricordi dati dagli storici e dai poeti di ciascuna regione sismica e di ciascun vulcano di cui si è occupato egli ha dato la cronaca o storia completa, ricavandone anche importanti conclusioni sulle aree e i periodi sismici, sulle forme delle eruzioni di ogni vulcano, e sulle relazioni dei diversi vulcani fra loro. E neppure ha tralasciato la applicazione pratica dei risultati dei suoi studi consigliando giudiziose norme per la costruzione degli edifici nei luoghi tormentati da singolare attività sismica o minacciati dalla prossimità di un vulcano. È poi da ricordarsi che alla grande esperienza ed agli studi accuratissimi del Mercalli sui terremoti si deve la Scala sismica che oramai porta il suo nome ed è adottata in Italia ed anche all'estero. Per ciò che riguarda più particolarmente questo concorso, è da considerare lo studio assiduo del Vesuvio che il prof. Mercalli ha fatto dal 1892 fino al presente, con ben proficue escursioni sul vulcano, con la raccolta oculata di informazioni, con osservazioni quasi continue fatte da Napoli”. [BUMIP, 1904]

Mercalli, si sa, non fu allora ritenuto adatto a dirigere l'Osservatorio perché, da quanto si legge: “*non dimostra nelle sue ricerche un indirizzo prettamente moderno e di sapersi valere della tecnica delle scienze indispensabili allo studio del Vesuvio*”. Fu grazie a un successivo concorso svoltosi nel 1911 che egli ottenne la direzione dell'Osservatorio Vesuviano. Anche in quella circostanza, tuttavia, la commissione giudicatrice, della quale faceva ancora parte Riccò come presidente, riproponeva il paradosso che incarnava Mercalli, considerato scientificamente non all'altezza di studiare il Vesuvio e allo stesso tempo il suo più esperto conoscitore.

“Il Mercalli, com'ebbe già a osservare la Commissione del 1902, non dimostra un indirizzo in tutto moderno di ricerca, specialmente nel campo chimico e fisico, e non potrebbe quindi rispondere a tutti i compiti che attualmente si richiedono a uno studioso di vulcanologia. Ma è tale e tanta la messe di osservazioni da lui raccolte col massimo scrupolo di sincerità sia nel campo vulcanologico che in quello sismologico, e così mirabile la sua attività e costanza nel seguire tutte le manifestazioni dei vulcani italiani e in particolare del Vesuvio [...] che a buon diritto egli è riconosciuto dai più autorevoli vulcanologi italiani e stranieri come il conoscitore più accreditato del vulcano al cui studio deve provvedere questo concorso”. [BUMIP, 1911]

Come una specie di Giano bifronte della nascente vulcanologia, il ritratto di Mercalli che la scienza universitaria dell'epoca ci propone era a due facce: da un lato lo studioso di vulcani italiani di fama mondiale e, d'altro lato, l'esponente di una vulcanologia antiquata, qualitativa. Quale fosse questo suo indirizzo di ricerca giudicato all'antica, Mercalli l'aveva rivendicato in un suo saggio di valore metodologico pubblicato nelle more del primo concorso sulla rivista cattolica “Rassegna nazionale” e intitolato *La storia e i fenomeni sismo-vulcanici*. Spiegava che come in sismologia, così di fronte alle misteriose leggi dei fenomeni eruttivi le rilevazioni di sismometri e pirometri così come le analisi chimiche da sole non erano esaustive. Per quanto svolte in modo continuo, i loro erano pur sempre dati di breve periodo che andavano letti, per trarne buone

inferenze e predizioni, alla luce di grandi serie storico-statistiche di fenomeni accertati per via erudita nel corso di decine di secoli:

“Lo studio monografico completo di un'eruzione, come si può eseguire coi mezzi che attualmente forniscono le scienze naturali, lascia sempre qualche punto oscuro, senza la luce dei fatti avvenuti nel passato. Soltanto quando si prendono in esame una lunga serie di fenomeni, in cui si ripetono gli stessi caratteri si può sperare di dedurne delle leggi generali”.
[Mercalli, 1903]

Anche per poter indagare il vulcanismo nei suoi rapporti con altri ambiti di fenomeni geofisici e astronomici, dal ruolo per esempio delle precipitazioni atmosferiche fino all'influenza gravitazionale lunisolare, il criterio più razionale consisteva a maggior ragione nel risalire il più profondamente possibile nel passato con un metodo storico di tipo comparativo:

“[...] è poi evidente che i rapporti possibili dei fenomeni vulcanici con altri fenomeni tellurici o cosmici, per esempio coi movimenti rapidi o lenti del suolo, colle piogge, colle variazioni della pressione atmosferica, coll'attrazione lunisolare, ecc., non possono risultare dimostrati se non per induzione dal confronto delle date delle eruzioni colle date degli altri fenomeni” [ivi]

Era un nuovo capitolo, se vogliamo dire così, dell'eterna dialettica tra riduzionismo e organicismo. Agli occhi dei suoi giudici universitari lo studio e il monitoraggio di un vulcano si riducevano all'applicazione delle scienze fisico-chimiche e delle loro più moderne tecniche di misurazione, mentre Mercalli metteva al primo posto metodi conoscitivi tipici delle scienze della vita, come le analisi obbiettive *de visu* praticate in storia naturale e in anatomia, o come le classificazioni tassonomiche proprie della sistematica.

Mercalli era un vulcanologo nato e cresciuto come naturalista (fig. 1). Nella sua carriera si possono riconoscere tre periodi. Dapprima quello della sua formazione liceale e alla scuola di Antonio Stoppani, compreso tra il 1865 e il 1883, ossia tra la sua ammissione a quindici anni in quinta ginnasio al seminario di Monza da un lato e, dall'altro, la pubblicazione nel 1883 della sua opera di sintesi più rappresentativa, intitolata *Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia*. Un secondo periodo, molto più breve ma anche molto più intenso, corrispondente al quinquennio delle sue missioni di ricerca sui luoghi dei grandi terremoti prodottisi in Italia e in Spagna tra il 1883 e il 1888. Infine, il periodo dal 1889 in poi in cui dopo sedici anni da professore in seminario egli si rimise in gioco come insegnante nella scuola italiana e come ricercatore affiliato alla nuova istituzione di geofisica applicata allo studio e alla sorveglianza dei fenomeni sismo-vulcanici, ossia l'Ufficio centrale di meteorologia e geodinamica e più tardi all'Osservatorio Vesuviano.



Figura 1. Giuseppe Mercalli, *Atlante di geologia, mineralogia e paleontologia*, U. Hoepli, Milano, 1890 (Biblioteca del Seminario arcivescovile di Milano, Venegono Inferiore).

Queste fasi della sua biografia sono contrassegnate e sospinte da una serie di incontri e anche di eventi naturali destinati gli uni e gli altri a influenzare la sua carriera e che cercheremo qui di ripercorrere. Un primo incontro formativo fu quello con il suo professore di matematica, fisica e scienze naturali a Monza, don Agostino Riboldi, autore di un ponderoso testo di *Elementi di fisica*, cofondatore della rivista del seminario “La scuola cattolica” e poi, una volta divenuto vescovo di Pavia, della “Rivista di fisica, matematica e scienze naturali” (fig. 2). Ammiratore dell’abate Stoppani, egli ne condivideva la convinzione che fosse necessario dare al clero una preparazione scientifica all’altezza delle sfide dei tempi [Riboldi, 1884]. Erano gli anni del dibattito sull’evoluzione e l’origine dell’uomo e di tutte le scienze naturali, la più proficua a fini apologetici, e anche esegetici, era la geologia, che Riboldi riuscì a far inserire in cima agli insegnamenti ausiliari del quadriennio di studi teologici, prima dell’archeologia ebraica e cristiana e prima della musica.

Durante gli anni in cui Mercalli era studente in seminario, nel collegio dei barnabiti di Monza insegnava il fisico Giovanni Maria Cavalleri, che aveva realizzato nel 1858 uno dei primi sismometri in grado di registrare le diverse componenti di un terremoto, inclusa la frequenza delle scosse ondulatorie mediante un sistema a più pendoli di dimensioni diverse (fig. 3) [Cavalleri, 1858]. Lo strumento era stato messo tra l’altro a punto dopo che Cavalleri era stato al Vesuvio e con Luigi Palmieri aveva cercato di misurare i vari parametri delle grandi emissioni di vapore che continuavano a sprigionarsi dal cratere a un anno di distanza dall’ultima eruzione [Cavalleri, 1857]. Mercalli, nel suo libro *Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia* cita il sismometro Cavalleri e ricorda il suo autore come uno dei pionieri della sismometria [Mercalli 1883]. Niente attesta però, allo stato attuale della documentazione, che avesse partecipato agli esperimenti sui pendoli di questo scienziato barnabita. Di certo si può dire che se anche vi collaborò, ciò non bastò ad accendere in lui un’inclinazione per la sismologia fisica. L’esperienza intellettuale che più di ogni altra poté orientarlo a diventare un naturalista fu per Mercalli il suo incontro a Milano con l’abate Stoppani.



Figura 2. Seminario di Monza (fine XIX sec.) e, a destra, l’interno. *Monza contrade e strade*, a cura di Daniele Fossati, Tip. Mariani, Lissone, 1982 (Biblioteca civica di Monza).

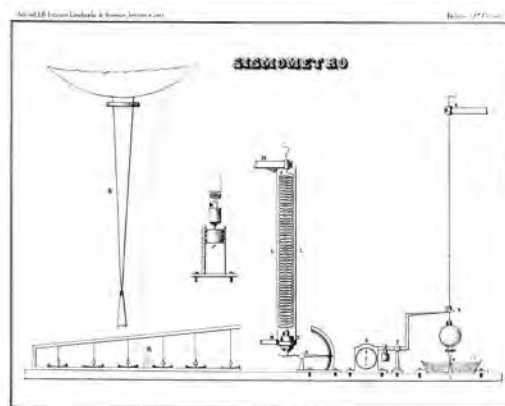


Figura 3. G. M. Cavalleri, *Di un nuovo sismometro collocato nel Collegio di Monza*, Atti del R. Istituto lombardo di scienze e lettere, I, 1858 (Istituto lombardo Accademia di scienze e lettere, Milano).

Terminato il liceo, Mercalli si trasferisce nel 1868 a Milano per frequentare il quadriennio di teologia nel Seminario maggiore in corso Venezia. Non lontano da lì si trova il Museo civico di storia naturale, dove Stoppani insegna geologia agli allievi ingegneri del Politecnico e tiene davanti alla buona società cittadina affollate conferenze di filosofia scientifica cristiana (fig. 4). Durante il terzo e quarto anno della sua Teologia, anche Mercalli è un habitué del Museo, come studente del Politecnico iscritto al corso di laurea in scienze naturali per insegnanti di scuola superiore. Giacché dal 1870 lo Stato italiano impone alle scuole private, per essere pareggiate, di avere insegnanti in possesso di laurea universitaria e in questi anni milanesi Mercalli, insieme alla decisione di abbracciare il sacerdozio, ha maturato la scelta di votarsi a insegnare la scienza naturale ai giovani preti ambrosiani. Il giorno di Natale del 1872, quando viene ordinato prete nel Duomo di Milano, il suo modello ideale di sacerdozio doveva essere l'abate Stoppani, che egli più tardi scrisse essere stato per lui molto più che un maestro: *“più che maestro secondo padre”* [Mercalli, 1891a].



Figura 4. Palazzo Dugnani, sede nel XIX secolo del Museo civico di storia naturale di Milano. Al centro Monumento a Rosmini, di F. Confalonieri (1896). Milano, 44, IX, 1928 (Biblioteca Isimbardi, Milano).

2. Vulcani da laboratorio, vulcani naturali: la teoria idrotermale di Stoppani e Mercalli

Nell'estate di quello stesso 1872 a Milano la sede del Politecnico in piazza Cavour ospitava un'ennesima serie degli esperimenti vulcanici del geologo sperimentale Paolo Gorini. Era da ormai un ventennio che il loro autore ripeteva queste esperienze in pubblico attraverso l'Europa, sempre di estremo interesse agli occhi di fisici matematici che come il rettore del Politecnico Francesco Brioschi adottavano le teorie di Laplace e di Poisson sulla progressiva diminuzione del calore terrestre, o che studiavano come Giovanni Cantoni le forze fisico-chimiche della materia a scala molecolare.

Il cortile interno del Politecnico era stato così adibito a laboratorio con una fornace, larghi recipienti di ghisa, blocchi di lava proveniente dal Vesuvio e tutt'intorno file di sedie per le autorità, gli scienziati e i semplici cittadini invitati a fare da spettatori. L'esperimento vero e proprio era preceduto da un'interminabile fase di preparazione durante la quale Gorini fondeva per ore al crogiolo la lava o altre miscele di idrocarburi di sua invenzione. Quando la materia era completamente fluida veniva travasata in larghi piatti di ghisa e lasciata raffreddare. Era allora, quando iniziava a solidificarsi, che dal suo interno si vedevano sprigionarsi bolle e getti di gas che agitavano la crosta superficiale e che nei punti di minor resistenza ne fuoriuscivano formando prominenze, crateri e piccoli coni di accumulo simili a vulcani (fig. 5). Una volta completamente raffreddati, Gorini li spaccava per mostrare che al loro interno presentavano formazioni di cristalli e anche tracce di cenere, come veri vulcani in miniatura [Issel, 1872].

“No. I vulcani del Gorini per me non sono vulcani”, tuonava Stoppani respingendo il valore per la geologia di quei prodotti di laboratorio:

“Il Gorini opera con sostanze in fusione; i vulcani né rigettano, né hanno mai rigettato sostanze fuse. Il Gorini non ha mai chiesto né procurato l'intervento dell'acqua ne' suoi esperimenti:

anzi in quegli esperimenti l'intervento dell'acqua è impossibile; la natura al contrario adopera l'acqua come primo agente meccanico, fisico, chimico nei vulcani e nel vulcanismo. Il Gorini opera, come dicono i chimici, per via secca, la natura, nell'interno del globo, non conosce la via secca, e batte in ogni caso la via umida” [Stoppani, 1873].



Figura 5. Esperimento vulcanico di P. Gorini, foto G.B. Sciutto, Genova (1873?). Archivio storico Iodigiano, s. II, 2,1963 (Biblioteca Nazionale Braidense, Milano).

L'agente universale di ogni forma di attività endogena era l'acqua, un principio questo della geologia di Stoppani che Mercalli non rinnegherà mai: *“Acqua, calore e pressione sono gli agenti necessari per la genesi delle lave, lo sono anche per la produzione di tutti gli altri fenomeni di un vulcano”* [Mercalli, 1883].

All'opposto di ciò che gli esperimenti di Gorini facevano credere, il calore terrestre non diminuiva, ma si conservava e rinnovava attraverso le reazioni chimiche che le acque sotterranee, filtranti in profondità e surriscaldandosi, producevano nelle rocce. Accadeva nell'attività endogena del pianeta lo stesso che nelle esperienze di Gabriel Auguste Daubrée, che sciogliendo del vetro o altre materie silicee in acqua surriscaldata a centinaia di gradi aveva visto generarsi cristalli di mica, di feldspato e infine di quarzo, analogamente alla formazione del granito e altre rocce cristalline analoghe alle lave vulcaniche: *“[...] chi non vede che le condizioni delle esperienze di Daubrée sono appunto quelle che devono verificarsi all'interno del globo?”* [Mercalli, 1883].

Su questa teoria idrotermale si fonda l'idea che vulcani e terremoti sono fenomeni inseparabilmente connessi. La metamorfosi e la cristallizzazione delle rocce producono una dilatazione di masse magmatiche e gassose che causano nella crosta terrestre sollevamenti, abbassamenti e fessurazioni, e questi a loro volta sono all'origine dei continenti, delle fosse oceaniche e dei focolai vulcanici e sismici.

C'era dunque un'intima connessione e compensazione reciproca tra le differenti manifestazioni del dinamismo endogeno e il modellarsi della superficie terrestre e in questa armonia la geologia di Stoppani riconosceva la prova dell'opera provvidenziale della creazione divina. Per Stoppani e per la sua geologia, l'universo è un insieme di forze tra loro correlate dalla provvidenza divina affinché *“il globo terracqueo potesse diventare la dimora della creatura intelligente”* [Stoppani, 1882]. Sulle sue orme, anche Mercalli scrive nella sua già citata prima opera d'insieme, *Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia*, che *“tutti i fenomeni endogeni, diversissimi nelle loro manifestazioni, sono fra di loro intimamente legati per l'armonia colla quale agiscono nell'economia tellurica, quasi una sola forza, ad un unico scopo: la reazione contro l'azione degradatrice e livellatrice degli agenti esterni”* [Mercalli, 1883].

In questo primo libro di Mercalli sono presenti anche altre passaggi sull'economia della natura e il suo significato provvidenziale. Ma solo in questo, mentre non se ne trova più traccia nelle sue successive pubblicazioni scientifiche. Quando ritornerà a parlare trent'anni più tardi, nel libro *I vulcani attivi della terra*, dell'azione conservatrice e riparatrice dei vulcani, si limiterà a scrivere che vulcani e terremoti sono espressioni *“della vita del nostro pianeta, di cui non rimarrebbe che il cadavere, quando questi fenomeni venissero a mancare completamente. Forse la Luna è già arrivata a quest'ultimo stadio, Speriamo che la Terra ne sia ancora molto lontana”* [Mercalli, 1907].

Di tutti i momenti e le circostanze che hanno segnato la vita di Mercalli, quello che ha forse più di ogni altro influito in modo determinante è il 1883, quando durante le vacanze scolastiche del seminario egli prende la decisione di recarsi di sua iniziativa a Ischia e esaminare *de visu* gli effetti del terremoto verificatosi il 28 luglio di quell'anno. Era la prima volta che si trovava sui luoghi di un evento tellurico di grandi proporzioni e aveva modo di mettere in luce le sue doti di analista, tanto che poi un riassunto della sua relazione fu tradotta in tedesco e gli valse un primo riconoscimento scientifico: l'elezione a socio corrispondente dell'Istituto lombardo di scienze e lettere [Mercalli, 1885]. In altre parole, il 1883 costituisce il passaggio dal suo ruolo di studioso di terremoti e vulcani italiani allo status di professionista del settore della Geofisica applicata. Su questa svolta è interessante la testimonianza di una lettera del suo maestro Stoppani del febbraio 1885 nella quale Mercalli appare come una risorsa preziosa per la scienza italiana dei terremoti, anzi unica. La lettera era indirizzata al rettore del Politecnico e presidente dell'Accademia dei Lincei Francesco Brioschi per raccomandargli di inserire anche Mercalli nella missione scientifica che l'Accademia dei Lincei aveva deciso di inviare a studiare il grande terremoto che il giorno di Natale del 1884 aveva colpito un'area di quasi mezzo milione di chilometri quadrati nel sud della Spagna:

“Sarebbe un peccato in ogni caso che essendovi tra noi, ascritto all'Istituto [lombardo di scienze e lettere] un uomo che si è fatto vero, per non dire unico specialista in materia di terremoti, tanto che è ormai conosciutissimo anche all'estero, si sentisse che il Governo lo lasciasse in disparte. Quest'uomo, Lei lo sa benissimo, è il professor G. Mercalli, il quale sarebbe già partito per la Spagna, come ha già fatto più volte per Casamicciola, se questo viaggio fosse un lusso un po' meno proibito per le sue più che modeste finanze” [ASPM, 1885].

Questa missione, a cui Mercalli ottenne di partecipare insieme a Torquato Taramelli, fu solo il primo di una serie di incarichi ufficiali. L'anno dopo la pubblicazione della sua relazione sui terremoti andalusi [Mercalli, 1886] il Ministero dell'Agricoltura, Industria e Commercio lo chiamava a studiare con Taramelli l'altro disastroso terremoto del 23 febbraio 1887 in Liguria. La relazione della sua missione, nel corso della quale Mercalli elaborò la proposta della scala sismica perfezionata che porta il suo nome, fu pubblicata questa volta negli “Annali” del nuovo Ufficio centrale di meteorologia e geodinamica, che era stato inaugurato allora in seno al ministero dell'Agricoltura, Industria e Commercio e rappresentava per Mercalli una preziosa opportunità di ricerca, in quanto era un istituto extra-universitario ed era espressamente rivolto a scopi applicativi, in primo luogo la creazione di una rete nazionale di stazioni sismiche.

A tenere alta l'attenzione dei governi italiani era del resto il rinnovarsi in quegli anni di eventi tellurici di prima grandezza, come l'eruzione del cratere della Fossa dell'isola di Vulcano dell'estate del 1888. Anche allora, come nel precedente caso del terremoto di Ischia, Mercalli decise di sfruttare le vacanze scolastiche per andare di propria iniziativa a Vulcano e essere il primo a studiarne l'attività. La riapertura delle scuole in ottobre lo obbligò a tornare a Monza a insegnare, ma solo per il primo trimestre giacché a Natale Mercalli abbandonava il seminario: un'altra svolta significativa nella sua carriera.

3. Per la patria attraverso la scienza

La documentazione conservata nell'Archivio del Seminario arcivescovile di Milano di Venegono Inferiore consente di ricostruire le circostanze dell'allontanamento di Mercalli e i suoi antecedenti. La prima avvisaglia dell'incrinarsi dei rapporti tra Mercalli e l'istituto diocesano risaliva infatti a un decennio prima, dopo che l'enciclica *Aeterni Patris* di Leone XIII aveva ingiunto ai cattolici di ritornare nel solco della filosofia di San Tommaso, ciò che i tradizionalisti avevano letto come un'implicita sconfessione della filosofia spiritualista di Rosmini e dei suoi seguaci in seno al clero liberale lombardo.

Delfino di un sostenitore del pensiero rosminiano quale l'abate Stoppani, Mercalli era considerato uno di questi. Nel 1879 era inoltre lungamente intervenuto sulla rivista “La scuola cattolica” per stroncare le tesi di un teologo gesuita tedesco, e accolte anche in Italia, sulla possibilità di dimostrare la verità dei sei giorni della *Genesi* e il Diluvio universale con argomenti di paleontologia e geologia [Mercalli, 1879]. A seguito di questa sua presa di posizione, gruppi di allievi del Seminario teologico lo avevano fischiato e insultato in classe [ASAM, 1880]. Ma il vero bersaglio del partito intransigente era Stoppani, oggetto negli anni Ottanta di una campagna di stampa senza quartiere. Nel processo per diffamazione intentato nel 1877 da Stoppani contro il direttore del quotidiano milanese “L'Osservatore cattolico”, anch'egli un prete, Mercalli era stato direttamente coinvolto in questa lotta come testimone d'accusa in tribunale e come collaboratore del giornale

fondato dal suo maestro Stoppani “Il Rosmini”, dove firmava saltuariamente articoli di vulcanologia e meteorologia.

A questo punto era intervenuto a mettere la parola fine il Sant'Ufficio decretando nel 1888, e precisamente il giorno 7 marzo, in onore di San Tommaso, la condanna di quaranta proposizioni tratte dalle opere postume di Rosmini, e con l'avvertenza di non considerare per questo autorizzate le altre sue opere e idee. Fu messo all'Indice anche il giornale “Il Rosmini” di Stoppani, che cercò di continuarlo con il titolo di “Il nuovo Rosmini” celandosi dietro il nome di un suo nipote. Da parte sua Mercalli decise di aderire alla sottoscrizione in corso a Milano per un monumento al filosofo roveretano. Altri sacerdoti avevano partecipato all'iniziativa mantenendo l'anonimato, mentre egli aveva voluto figurare con il proprio nome pubblicato sui giornali. Come prevedibile, la reazione della Curia era stata immediata: “[...] una pronta e pubblica ritrattazione dell'atto suo riprovevole o la immediata dimissione dall'Ufficio di professore nel Seminario” [ASAM, 1888a]. Si limitò a dichiarare la propria buona fede in un modo formale e che al rettore del seminario sembrò “tutt'altro che ecclesiastico”:

“L'umile sottoscritto dichiara che dando il suo nome alla sottoscrizione pel monumento a Rosmini ha inteso unicamente e semplicemente senza alcun fine secondo di fare omaggio al grande Filosofo Cristiano e al Fondatore di un Ordine religioso approvato dalla Santa Sede, alienissimo dal pensare di mancare con questo ai dovuti rispetti ai suoi superiori ecclesiastici e ai recenti Decreti delle Sacre Congregazioni” [ASAM, 1888b].

Da parte dell'arcivescovo giunse a Mercalli una richiesta di firmare una ritrattazione del proprio “oltraggio all'autorità di Santa Chiesa”, ma lui rifiutò:

“Non posso assolutamente sottoscrivere la formula di ritrattazione che la V. S. mi impone. E però col cuore straziato e colla coscienza pura specialmente dopo la mia Dichiarazione fatta al Superiore, mi vedo obbligato a subire la sanzione che V. S. mi minaccia con la pregiata lettera del 23 corrente, e con dolore rassegno le mie dimissioni dall'Ufficio che occupo in questo Seminario, e prego la S. V. a parteciparla a Sua Ecc. Ill.^{ma} e Rev.^{ma}, assicurando la medesima che sebbene con dolore inqualificabile, lascio il Seminario con amarezze verso nessuno” [ASAM, 1888c].

Si era dimesso dal seminario durante le vacanze di Natale e a metà gennaio era a Roma per incontrare il presidente del Consiglio direttivo dell'Ufficio centrale di meteorologia e geodinamica Pietro Blaserna e mettersi a sua disposizione: “libero dai suoi impegni in Roma, essendosi egli ritirato dall'insegnamento, e per una ragione che altamente lo onora” [CRA-CMA, 1889a]. Pochi giorni dopo era nominato a far parte della commissione per lo studio dell'eruzione dell'Isola di Vulcano. L'8 febbraio Mercalli e il direttore dell'Osservatorio geodinamico di Ischia Giulio Grablovitz si imbarcavano a Napoli per Messina dove li raggiunse Orazio Silvestri. Trascorsero a Lipari un mese intero finché in marzo l'attività eruttiva cessò. Dopodiché Mercalli fece ritorno a Milano per insegnare in un liceo privato. In ottobre lo raggiungeva la nomina ministeriale come professore reggente di scienze naturali e fisica al Liceo Tommaso Campanella di Reggio Calabria.

Dal suo fascicolo personale conservato all'Archivio Centrale dello Stato, si evince che a premere per la sua destinazione in Calabria era stato, in vista della creazione a Lipari di un nuovo osservatorio geodinamico, l'Ufficio centrale di meteorologia e geodinamica, come segnalava il suo direttore Pietro Tacchini: “Ora siamo alla sistemazione del servizio sismico alle Eolie e perciò mi interessa di sapere se il Prof. Mercalli sarà o no destinato in qualche città lì finitima” [ACS, 1889]. La nomina di Mercalli a Reggio Calabria serviva dunque ad abbinare in modo organico l'insegnamento liceale di Mercalli alla sua collaborazione con l'Ufficio centrale iniziata l'anno prima a Vulcano.

Questo programma finì nondimeno in un nulla di fatto in quanto la rete sismica delle Eolie non fu realizzata. Oltre al venir meno di questa ragion d'essere della sua presenza a Reggio Calabria, per Mercalli sopraggiunse un grave obbligo familiare, tanto da indurlo dopo un anno di servizio a chiedere al ministero di essere trasferito al nord:

“[...] tra i gravi motivi che mi obbligano a fare questa domanda il principale si è la recente perdita di mia cognata, la quale morendo lasciava orfani di padre e di madre due bambine, una di 9, l'altra di 15 anni, e, nelle sue ultime disposizioni testamentarie nominava me tutore delle medesime, V. Ecc.^{za}. Ill.^{ma} ben comprenderà le insuperabili difficoltà di natura sia materiale che

morale, le quali mi impediscono di portare meco le due pupille da Milano fino a Reggio Calabria” [ACS, 1891].

Rinnovò l'anno dopo senza esito un'identica istanza. Intanto il problema della tutela delle sue nipoti minori doveva essere stato risolto altrimenti, visto che nel 1892 ripresentando domanda di trasferimento la motivava in primo luogo per ragioni di ricerca. Il suo fascicolo contiene in proposito uno scambio di lettere tra un direttore generale del ministero dei Lavori Pubblici e un suo collega della Pubblica Istruzione, di particolare interesse perché rivela alcuni retroscena sull'iniziale nomina a Reggio Calabria. Secondo questa fonte, proprio per il desiderio di lavorare sull'Etna, la sua destinazione originaria avrebbe dovuto essere Acireale, sede poi assegnata ad altri, e a Mercalli era stato offerto di scegliere tra Ascoli Piceno e Reggio Calabria:

“Mi permetto di informarla che il Mercalli, oltre ai titoli scientifici ha anche amministrativamente un mezzo diritto di essere trasferito a un liceo vulcanico. Appunto per un riguardo ai suoi studi, la prima destinazione che il Ministero gli offrì, ed egli aveva accettato, era Acireale alle falde dell'Etna. Poi, per commodare [Gaetano Platania?] che non poteva più stare a Messina e non voleva uscire dalla Sicilia, questi fu mandato ad Acireale, ed al Mercalli fu offerta la scelta tra Ascoli Piceno e Reggio Calabria. La reggenza di Ascoli per la legislazione avrebbe fruttato al Mercalli una retribuzione maggiore, ma egli per amore dei vulcani preferì Reggio, d'onde poteva fare, s'intende a sue spese, qualche escursione all'Etna. Quanti sono i professori che fanno così? [...] Se non può mandarlo né a Catania né a Napoli, né con un miglioramento di posizione in qualche liceo immediatamente prossimo all'Etna o al Vesuvio, lo rimandi allora in qualche buon liceo nelle vicinanze di Milano per es. Pavia dove possa vicino ai suoi badare alla educazione degli orfani di suo fratello e studiare quei libri di scienza che il Ministero non può accordargli di favorire nei fatti” [ACS, 1892a].

Nel luglio del 1892, la sua nuova domanda di trasferimento era effettivamente presentata come la necessità di insegnare in una città adatta ai suoi studi. Tra le sedi più auspicabili metteva al primo posto Catania, seguita da Napoli e da Messina:

“Il sottoscritto, che da tre anni si trova a Reggio Calabria come professore reggente di storia naturale nel R. Liceo Campanella si rivolge all'Ecc^{za} V. Ill.ma per chiedere il trasferimento ad una sede più adatta per gli studi di geologia e vulcanologia a cui da parecchi anni si è specialmente dedicato, e si permette di indicare le sedi preferite, che sarebbero: Catania, Napoli, Messina, Milano, Torino, Genova.” [ACS, 1892b].

In settembre riceveva il decreto di trasferimento dal 1° ottobre al Liceo Vittorio Emanuele II di Napoli. Mercalli ritornò a più riprese a Reggio Calabria, in qualità di membro delle commissioni ministeriali e parlamentari per lo studio dei terremoti succedutisi nelle Calabrie tra il 1905 e il 1908. Tra continuare a insegnare la scienza naturale al clero ambrosiano o lavorare al fianco delle istituzioni italiane, aveva optato per le seconde e adesso la sua scelta stava portando i suoi frutti. Essere a Napoli, ai piedi del Vesuvio significava per lui l'inizio di una nuova fase.

Bibliografia

Fonti d'archivio

- AA, (1872). Milano, Archivio Arcivescovile, Ordinazioni, Suddiaconato, Giuseppe Mercalli.
ACS, (1889). Roma, Archivio Centrale dello Stato, MPI, Direzione generale Istruzione superiore, b. 96, Fasc. “G. Mercalli”. *P. Tacchini al Direttore generale dell'Istruzione superiore*, 6 ottobre 1889.
- (1891). *Ivi*, G. Mercalli al Ministro della Pubblica Istruzione, 20 luglio 1891.
- (1892a). *Ivi*, M. Manfroni al Direttore generale dell'Istruzione superiore Masi, 7 maggio 1892.
- (1892b). *Ivi*, G. Mercalli al Ministro della Pubblica Istruzione, 4 luglio 1892.
ASAM, (1880). Venegono Inferiore (Varese), Archivio del Seminario Arcivescovile di Milano. BB-VI, 9, fasc. 1, Corrispondenza sugli incidenti dei professori Mercalli, Cazzaniga, Talamoni.

- (1888a). Venegono Inferiore (Varese), Archivio del Seminario Arcivescovile di Milano. BB-VI, 8, fasc. 1, Rilievi sugli insegnamenti dei professori Talamoni, Cazzaniga, Mercalli. Mons. C. Cassina a G. Mercalli, 22 dicembre 1888.
- (1888b). *Ivi*, G. Mercalli a Mons. C. Cassina, 24 dicembre 1888.
- (1888c). *Ivi*, G. Mercalli a Mons. C. Cassina, 28 dicembre 1888.
- (2012). (Biblioteca del Seminario Arcivescovile di Milano 4.X. I 84), C. Pasinato, *Il Seminario minore di Monza (1839-1903)*, Tesi di Laurea, Corso di Laurea in Filosofia, Università degli Studi di Milano, a.a. 2012-2013.
- ASPM, (1885). Milano, Archivi storici del Politecnico di Milano. D. III. 122/149/12, 642. A. Stoppani a F. Brioschi, 9 febbraio 1885.
- (1868-69). *Ivi*, Registro delle iscrizioni degli allievi dal 1868-69 al 1873-74, ff. 103; 126; 129.
- CRA-CMA, (1889a). Roma, Archivio storico CRA-CMA (Unità di ricerca per la climatologia e la meteorologia applicate all'agricoltura). Fondo Ufficio centrale di meteorologia e di geodinamica, P. Blaserna al Direttore generale del ministero dell'Agricoltura, Industria e Commercio (d'ora in poi MAIC), 18 gennaio 1889.
- (1889b). *Ivi*, MAIC, Direzione generale dell'Agricoltura a P. Tacchini, 22 gennaio 1889.
- (1889c). *Ivi*, Ministero dei Lavori Pubblici al Segretariato generale del MAIC, Direzione generale dell'Agricoltura, 25 gennaio 1889.
- (1889d). *Ivi*, P. Tacchini al Direttore generale del ministero dei Lavori Pubblici, 8 febbraio 1889.

Fonti a stampa

- BUMIP, (1902). *Concorso per titoli al posto di direttore dell'Osservatorio vesuviano presso la R. Università di Napoli*, Bollettino Ufficiale del Ministero dell'Istruzione Pubblica, 29, II, n. 37, 11 settembre, 1681.
- (1904). *Relazione della commissione giudicatrice del concorso al posto di direttore dell'Osservatorio Vesuviano*, *ivi*, 21, I, n. 17. 28 aprile, 831-837.
- (1911). *Relazione della commissione giudicatrice del concorso al posto di direttore dell'Osservatorio vesuviano*, *ivi*, 38, I, nn. 25-26, 8-15 giugno, 2033-2037.
- Cantoni, G., (1873). *Su alcune teorie geologiche*. R. Istituto lombardo di scienze e lettere. Rendiconti, s. II, VI, 1873, 310-318.
- (1882). *Importanza degli studi sperimentali di P. Gorini sui plutoni*, Tip. Bizzoni, Pavia.
- Cavalleri, G. M., (1857). *Considerazioni sul vapore e conseguente calore che manda il vulcano di Napoli* Tip. Boniotti, Milano.
- (1858). *Di un nuovo sismometro collocato nel Collegio di Monza*, Atti del R. Istituto lombardo di scienze, lettere e arti, I, 34-44.
- Gorini, P., (1852). *Sull'origine delle montagne e dei vulcani. Studio sperimentale*, Wilmant, Lodi.
- Issel, A., (1872). *Gli esperimenti vulcanici del Professor Gorini*, Pellas, Genova.
- Mercalli, G., (1879). *La moderna geologia e l'opera dei sei giorni, il diluvio e la geologia secondo il p. Bosizio della C.d.G.* La Scuola cattolica, nn. 79; 84, 71-86.
- (1883a). *Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia*. In: *Geologia d'Italia*, di G. Negri, A. Stoppani, G. Mercalli, Vallardi, Milano, parte III.
- (1883b). *L'Isola d'Ischia ed il terremoto del 28 luglio 1883*. Memorie del R. Istituto lombardo di scienze e lettere. Classe di scienze matematiche e naturali, 15, 1885, 95-154.
- (1885-86). (con T. Taramelli), *I terremoti andalusi cominciati il 25 dicembre 1884*. R. Accademia dei Lincei. Memorie, Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali, s. IV, 3, 116-122.
- (1888). *Il Terremoto ligure del 23 febbraio 1887*. Annali dell'Ufficio centrale di meteorologia e di geodinamica, s. II, 8, parte IV, 331-626.
- (1891a). (con A. Riccò) *Sopra il periodo eruttivo dello Stromboli cominciato il 24 giugno 1891*. Annali dell'Ufficio centrale di meteorologia e di geodinamica, s. II, 11, p. III, 187-223.
- (1891b). *Antonio Stoppani geologo*, Rassegna Nazionale, 1° luglio 1891, pp. 103-129.
- (1903). *La Storia e i fenomeni sismo-vulcanici*. Rassegna Nazionale, 25, 16 marzo, 314-319.
- (1907). *I Vulcani attivi della Terra*, U. Hoepli, Milano (ed. an. Lampi di stampa con prefazione di G. Luongo, Milano 2011).
- Omboni, G., (1868). *Le nuove esperienze fatte in Milano dal prof. Gorini sulla formazione dei vulcani*. Annali universali di statistica, economia pubblica, legislazione, s. IV, 35, n. 104, 209-218.
- Riboldi, A., (1873). *Tre conferenze lette nell'anno 1873 all'Associazione cattolica milanese*, Tip. Ghezzi, Milano.

- (1875). *Cenni biografici del M.R.P.D. Giovanni M. Cavalleri Barnabita*. La Scuola cattolica, 5, 170-188.
- (1884). *Discorso per l'Accademia d'apertura agli studi del Seminario Pavese nell'anno 1879-80*. In: Discorsi ai sacerdoti, chierici, religiose, pp. 83-124, Majocchi, Milano.
- Stoppani, A., (1873a). *Geologia endografica*. In: *Corso di Geologia*, vol. III, Bernardoni e Brigola, Milano.
- (1873b). *Sull'opuscolo Gli esperimenti vulcanici del prof. Gorini, di Arturo Issel*, R. Istituto Lombardo di scienze e lettere. Rendiconti, s. II, 6, 1873, 213-236.
- (1882). *Acqua ed aria*, seconda edizione, U. Hoepli, Milano.

Letteratura critica

- Ampollini, M., (1994). *Giuseppe Mercalli: prete ambrosiano, illustre vulcanologo*. Diocesi di Milano – Terra Ambrosiana, 35, III, 58-62.
- Chistoni, C., (1915). *Giuseppe Mercalli*, Atti dell'Accademia Pontaniana, s. II, 45, 1-4.
- Colombo, M., (1960). *Giuseppe Mercalli: scienziato e sacerdote, "signore dei terremoti"*. Diocesi di Milano – Terra Ambrosiana, 1, III, 58-63.
- Ferrari, G., (1992). *Two hundred years of seismic instruments in Italy 1731-1940*, SGA, Bologna.
- Galli, I., (1915). *Il Professore D. Giuseppe Mercalli. Elogio e Bibliografia*, Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei, s. II, I, 43-80.
- Imbò, G., (1966). *Giuseppe Mercalli*, Annali dell'Osservatorio Vesuviano, s. VI, 8, 3-11.
- Luongo, G., (2011). *Prefazione*, in Mercalli 1907 (ed. an.), VII-XX.
- Luongo, G., Carlino, S., Cubellis, E., Delizia, I., Obrizzo, F., (2011). *Casamicciola milleottocentottantatre*, Bibliopolis, Napoli.
- Malladra, A., (1914). *L'attività scientifica di Giuseppe Mercalli*. Rassegna Nazionale, 36, nov.-dic., 42-63.
- (1927). *In memoria di Giuseppe Mercalli, Discorso letto alla R. Università di Napoli il 12 maggio 1927*, Unione Tip. Ghisalberty, Napoli,
- Oddone, E., (1914). *Giuseppe Mercalli*, Bollettino della R. Società Geografica, s. V, 3, V., 1 maggio, 557-559.
- Pighetti, C., (1983). *Paolo Gorini, intellettuale scientifico*. In: *Paolo Gorini nel centenario della morte (1881-1981)*, Archivio storico lodigiano, Lodi.

Una riflessione sull'attività scientifica di Giuseppe Mercalli

Luongo G.

Università di Napoli "Federico II"

Introduzione

Giuseppe Mercalli nasce a Milano il 21 maggio 1850 e muore a Napoli il 18 marzo 1914. Fu allievo di Antonio Stoppani (1824-1891), sacerdote dell'Ordine dei Rosminiani, fondato nel 1828 da Antonio Rosmini (1797-1855), la cui tesi filosofica contrastava l'Illuminismo e il Sensismo, propugnando un cattolicesimo liberale (Fig. 1). Stoppani sarà tra i fondatori della geologia e paleontologia in Italia, docente di geologia all'Università di Pavia (1861) e al Politecnico di Milano (1867) e grande divulgatore delle caratteristiche geologiche e morfologiche dell'Italia. Mercalli si dedicherà inizialmente allo studio dei ghiacciai del Quaternario, un settore di ricerca avviato dal suo maestro sugli aspetti morfologici dei depositi morenici derivanti dalle glaciazioni, per interessarsi poi dei vulcani e dei terremoti. Mercalli effettuerà un lungo viaggio ai vulcani italiani raccogliendo materiale per il volume: "Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia" apparso nel 1883. Quest'opera rappresenta una sintesi scientifica dei fenomeni endogeni della Penisola Italiana, nello stile delle opere di metà Ottocento, tra le quali si ricorda "A description of...Volcanos..." di Charles Daubeny [1848] e "Vesuvius" di John Phyllips [1869].

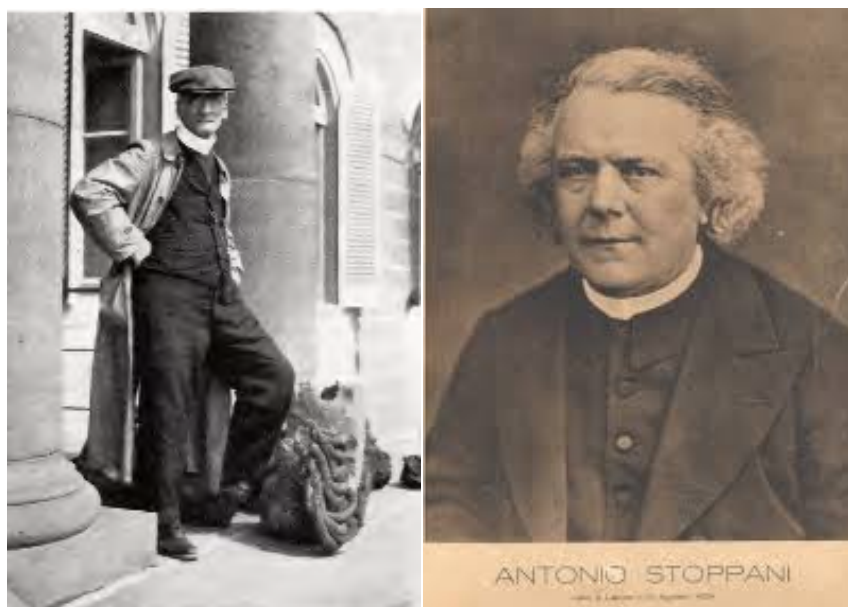


Figura 1. Giuseppe Mercalli (1850-1914) all'ingresso dell'Osservatorio Vesuviano (a sinistra) e Antonio Stoppani (1824-1891) (a destra).

Per comprendere il paradigma scientifico che sottende l'attività di Mercalli occorre rifarsi al clima culturale nel quale questi opera. Gli studi naturalistici nell'Ottocento trovano le loro linee guida sviluppate nel Settecento con due indirizzi fondamentali: **descrittivo-sperimentale**, inaugurato da Francesco Redi (1626-1697) e seguito da autorevoli studiosi, tra i quali Lazzaro Spallanzani (1729-1799) naturalista di grandissimo rilievo internazionale; **floristico-faunistico**, inaugurato da Carlo Linneo (1707-1778), col quale si mira a realizzare un inventario delle risorse naturali, in particolare di quelle minerarie per la straordinaria ricaduta economica del loro utilizzo. Entrambi gli indirizzi porteranno allo sviluppo delle esplorazioni dei territori delle diverse nazioni europee. In Italia si svilupperanno solo iniziative di pochi studiosi, spesso finanziate da mecenati locali, e per di più nei primi cinquant'anni dell'Ottocento una profonda crisi della ricerca scientifica colpirà il nostro paese al confronto dello sviluppo osservato a livello internazionale. Tale condizione sarà attribuita da alcuni studiosi alla restaurazione post-napoleonica che interesserà il Paese.

1. Mercalli e i terremoti

La sismologia moderna nasce il primo novembre 1755 quando Lisbona sarà sconvolta da uno dei più violenti terremoti che la storia ricordi; in quel giorno 30.000 persone morirono sotto le macerie. Quella catastrofe segna l'inizio di un dibattito sul terremoto in termini nuovi che coinvolse Immanuel Kant, Voltaire, J.J. Rousseau, J. Le Rond-D'Alembert, solo per ricordare alcuni tra i più famosi pensatori del tempo coinvolti nell'analisi del sisma. In quegli anni si registra un profondo cambiamento nel pensiero dei filosofi della natura, che in larga parte accantoneranno l'interesse sulla ricerca delle cause del terremoto, secondo percorsi metafisici, per affrontare il problema dei suoi effetti [Luongo et al., 2012a]. D'Alembert nel suo "Traité de dynamique" del 1758, affermerà: "... piuttosto che fare una metafisica sulle cause e sul motore primo preferisco fare una scienza degli effetti". La posizione di D'Alembert trova sostegno nell'invenzione del calcolo differenziale integrale. Ma il dibattito sulla ricerca delle cause del terremoto non sarà abbandonato, nonostante l'azione dei meccanici teorici che propongono di affrontare matematicamente il fenomeno sismico in quanto essi ritengono che senza lo strumento matematico si possa fare solo della metafisica o limitarsi a descrivere ciò che si è osservato. Tale dibattito si alimenta dopo la disastrosa serie di terremoti che nel 1783 colpiranno Messina e la Calabria ma, in pieno secolo dei lumi, questo non si limiterà alla causa del sisma bensì perseguirà anche obiettivi politici per ridurre il potere baronale a vantaggio del potere centrale e all'edificazione di un nuovo ordine sociale. Tra gli studiosi emerse il problema delle cause del terremoto che aveva prodotto profonde trasformazioni al paesaggio. Si confrontarono due orientamenti: quello dei *fuochisti*, i quali associavano la genesi del terremoto ai vulcani o a reazioni chimiche nel sottosuolo, e quello degli *elettrici*, per i quali a determinare i terremoti sarebbe un'intensa scarica elettrica che produce uno scoppio e scuotimento. Tra i *fuochisti* vi sono esponenti di fama come William Hamilton e Deodat De Dolomieu che giunse in Calabria per prendere visione dei danni e fornirà una lucida interpretazione del violento scuotimento del suolo, sia nella sua componente verticale che orizzontale, tale che nessun edificio nelle aree di massimo scuotimento poté resistere al crollo ed il suolo stesso fu interessato da voragini e scoscendimenti. I sostenitori dell'origine elettrica del sisma, *elettrici*, saranno più numerosi, meno famosi, ma introdurranno nuove idee. In seguito alle analisi e speculazioni sul terremoto del 1783 gli studiosi infliggeranno un colpo mortale ai catastrofisti ed apriranno un nuovo percorso che farà emergere il paradigma dell'attualismo con James Hutton (1726-1797) e Charles Lyell (1797-1875). A differenza di quanto si era rilevato all'indomani della catastrofe di Lisbona, quando primeggiò la saggezza popolare nella definizione delle cause che la determinarono, dopo il 1783 l'obiettivo perseguito fu quello di giungere alla conoscenza delle vere cause del sisma attraverso l'indagine degli studiosi, separando la scienza dalla cultura popolare. In quegli anni nel Regno di Napoli l'interesse di studiosi, naturalisti, curiosi, sarà attratto dalle eruzioni del Vesuvio. Nascono le prime osservazioni sistematiche dell'attività del vulcano da parte dello scolio Padre Antonio Piaggio che opererà su committenza di Lord Hamilton il quale invierà rapporti periodici sull'attività del vulcano alla Royal Society of London. E' in quegli anni che si rafforza sempre di più il sospetto di un rapporto stretto tra terremoti e vulcani, infatti G.B. Beccaria nelle sue opere [1793] affermerà "*i terremoti hanno una connessione manifesta con i vulcani*".

Il clima di restaurazione e lo stato di depressione della ricerca scientifica che caratterizzerà la metà dell'Ottocento in Italia, non farà diminuire l'interesse per i fenomeni geologici, che modellano la penisola italiana, da parte degli studiosi stranieri. In particolare la rivoluzione portata da Charles Lyell nella geologia con l'attualismo ed il gradualismo avrà dei caposaldi nei Campi Flegrei con l'analisi dei movimenti lenti del suolo in tempi storici registrati alle colonne del Serapeo e all'isola d'Ischia con i terrazzi marini rilevati sui versanti del Monte Epomeo, indicatori dei movimenti verticali che avevano interessato l'Isola. Non sfuggirà ai Ministri del Regno di Napoli e ai consiglieri di Re Ferdinando II che l'interesse crescente degli uomini di cultura europei per lo studio dei fenomeni vulcanici dell'area napoletana, poteva tradursi in un positivo ritorno di immagine per il Regno e la Casa Reale, accogliendo la richiesta degli studiosi del Vesuvio che auspicavano la realizzazione di una struttura permanente sul vulcano per una continua osservazione delle manifestazioni eruttive.

Si darà così corso nel 1841 alla fondazione dell'Osservatorio Vesuviano, inaugurato poi nel 1845 in occasione del VII Congresso degli Scienziati Italiani che si tenne a Napoli. Un significativo progresso nello studio dei terremoti si avrà poi con Robert Mallet quando questi giungerà nel Regno di Napoli per esaminare gli effetti del terremoto che il 16 dicembre 1857 aveva colpito la Campania e la Basilicata [Mallet, 1862]. Mallet introdurrà un nuovo metodo di indagine per determinare velocità e direzione delle onde sismiche attraverso le osservazioni degli effetti prodotti dal sisma sugli edifici. In buona sostanza Mallet classifica le

tipologie di danno ai diversi elementi degli edifici per poter ricavare, utilizzando le leggi della meccanica, le forze che sono occorse per produrre tali danni, il loro punto di origine e le loro diramazioni.

Dopo l'Unità d'Italia non esisteva un'organizzazione centrale che provvedesse allo studio dei terremoti mentre operavano alcune istituzioni e organizzazioni realizzate precedentemente. Tra queste si ricordano l'Osservatorio Vesuviano e la rete degli osservatori meteorologici attivati da Francesco Denza, attraverso la quale si raccoglievano anche informazioni sulla sismicità. Questa condizione fu denunciata da Michele Stefano De Rossi nel 1868 dopo un terremoto che aveva colpito la città di Siena. Lo stesso De Rossi nel 1874, mancando risposte dallo stato centrale al suo appello, diede vita alla rivista *"Bullettino del vulcanismo italiano"*, attraverso il quale si diffondevano informazioni sull'attività vulcanica e sismica della penisola italiana.

Sarà il terremoto disastroso del 4 marzo 1881 nell'isola d'Ischia a suscitare in Mercalli l'interesse ad indagare sulla natura dei terremoti e del loro rapporto con il vulcanismo. Mercalli studierà questo terremoto utilizzando i dati forniti dai quotidiani e produrrà un'analisi della sismicità storica dell'isola. Egli classificherà i terremoti di Ischia tra i *"terremoti vulcanici propriamente detti"* perché ritenuti collegati direttamente all'attività magmatica per la loro distribuzione alla base del Monte Epomeo, considerato da Mercalli un vulcano attivo. Mercalli si recherà sull'isola d'Ischia nel 1883 in seguito al catastrofico terremoto del 28 luglio di quell'anno che distrusse Casamicciola [Luongo et al., 2012b].

Mercalli studierà i danni alle costruzioni seguendo il metodo di Mallet per la localizzazione dell'ipocentro del terremoto, che collocherà sul bordo settentrionale del Monte Epomeo ad una profondità compresa tra 700 e 1700 m. La struttura sismogenetica è rappresentata nella sua carta geognostica-sismica, apparsa nella sua monografia sul terremoto [Mercalli, 1884] come una frattura che si sviluppa in direzione NNW-SSE sul versante settentrionale del Monte Epomeo. Mercalli sulla base della distribuzione dei danni dei grandi terremoti ischitani, del 1796, 1828, 1881, 1883, rileverà la permanente superficialità dei fuochi sismici e definirà questi *"veri tentativi falliti di eruzione"* in quanto egli ritiene che i fenomeni osservati sarebbero stati prodotti dall'iniezione di magma, posto al di sotto dell'Epomeo, nelle rocce di copertura che, nel fratturarsi, avrebbero generato le vibrazioni in superficie. Relativamente alla gravità dei danni sofferti dalle costruzioni Mercalli rileverà che tale distribuzione sarebbe stata influenzata, a parità di distanza dall'area epicentrale, dalla litologia, dalla morfologia e dalle fratture nel sottosuolo. A questi elementi egli aggiunge la cattiva costruzione degli edifici *"...causa di tanta rovina non è solo la violenza del terremoto, ma anche la poca solidità delle case e specialmente la scarsità e la cattiva qualità del cemento usato nella loro costruzione"*. Il lavoro scientifico svolto da Mercalli sarà apprezzato dal Ministro dei Lavori Pubblici, Francesco Genale, con una nota ufficiale spedita allo studioso, nel febbraio del 1885. L'interpretazione del terremoto del 1883 sarà oggetto di tensioni con Johnston-Lavis il quale affermerà, con lettere e articoli su quotidiani e periodici che il modello presentato da Mercalli sarebbe stato proposto precedentemente da Johnston-Lavis stesso, ma pubblicato nel 1885. Bisogna ricordare che Mercalli aveva anticipato nella sua nota sui terremoti ischitani la natura vulcanica dei sismi dei terremoti dell'isola. Quindi è da ipotizzare che i due abbiano raggiunto un'interpretazione del tutto simile su percorsi indipendenti. È da rilevare che Mercalli nella classificazione dei danni non utilizza la scala prodotta da De Rossi nel 1873, né la scala di De Rossi – Forel proposta nel 1883. Lo stesso comportamento avranno De Rossi e Johnston Lavis nello studio del terremoto di Casamicciola del 1883.

Stupisce la mancata utilizzazione di tali scale dagli studiosi che hanno analizzato gli effetti del terremoto di Casamicciola del 1883, tra i quali vi è anche l'autore delle scale. È probabile che tale scelta sia stata dettata dalla difficoltà di ottenere una rappresentazione verosimile del complesso campo macrosismico osservato utilizzando le due scale disponibili. Tale risultato probabilmente è da attribuire al modello empirico utilizzato nella costruzione della scala delle intensità che si riferisce ai dati relativi a terremoti crostali mentre nelle aree vulcaniche come Ischia la piccola profondità degli ipocentri genera un'intensità molto elevata rispetto all'energia dell'evento, un elevato gradiente del campo di intensità, un'area di avvertibilità molto contenuta. A tali effetti si aggiungono rilevanti fenomeni di amplificazione locale del segnale sismico per la bassa rigidità dei corpi geologici superficiali nei quali si propagano le onde sismiche.

Con i risultati delle indagini sul terremoto di Casamicciola del 1883 Mercalli mostrerà le sue alte capacità di attento studioso del fenomeno sismico e queste sue qualità saranno apprezzate dai Ministri della Pubblica Istruzione e dell'Agricoltura e dei Lavori Pubblici, quando lo sceglieranno per inviarlo insieme al geologo Torquato Taramelli in missione di studio in Andalusia colpita da un grave terremoto il 25 dicembre 1884. Mercalli utilizzerà ancora il metodo di Mallet per definire la direzione di propagazione dei fronti d'onda per localizzare epicentro e ipocentro. Non utilizzerà ancora la scala delle intensità e suddividerà l'area del danneggiamento in due zone con due sole isosiste e assegnerà all'area epicentrale una forma

ellittica, con asse maggiore di 13 km diretto E-W e minore di 4 km. Tale risultato fu condizionato probabilmente dalla parziale obliterazione dei segnali dei danni visto il tempo trascorso tra l'accadimento del terremoto (25 dicembre 1884) e l'inizio delle osservazioni in sito (6 aprile 1885). Tuttavia non è da trascurare che l'interesse degli studiosi era concentrato prevalentemente su quanto accadeva nell'area epicentrale per definire la localizzazione della sorgente e la grandezza del terremoto. Infatti i sismologi che costruirono i cataloghi e studiavano la storia sismica di una regione erano interessati alla gravità dell'evento sismico e quindi all'entità dei danni rilevati nell'area epicentrale. Il valore delle intensità in siti lontani dall'epicentro non fornivano elementi interessanti se non per la localizzazione dell'epicentro con la propagazione dei fronti d'onda, mancando un modello della sorgente sismica e della propagazione delle onde in mezzi stratificati. Solo col terremoto ligure del 23 febbraio 1887 Mercalli, nominato ancora una volta con Taramelli, esperti per conto del Ministro dell'Agricoltura Industria e Commercio, inviati a studiare il disastroso terremoto, produrrà una mappa dei danni suddividendo l'area in 5 fasce, delimitate da isosiste e racchiudendo nell'ultima anche l'area di avvertibilità del terremoto. Tuttavia non sarà abbandonato il metodo di Mallet per la localizzazione dell'epicentro, che sarà individuato in mare. Con questo terremoto Mercalli verifica l'entità degli effetti rapportandoli alla scala De Rossi-Forel e rileva l'inadeguatezza di tale scala per le intensità più elevate. Sulla base di questo risultato Mercalli produce una nuova scala di 10 gradi modificando la De Rossi-Forel. Questo risultato sarà riportato per tutte le 1100 località osservate nel corso dello studio del terremoto ligure ma non procederà al tracciamento delle isosiste corrispondenti (Fig. 2).

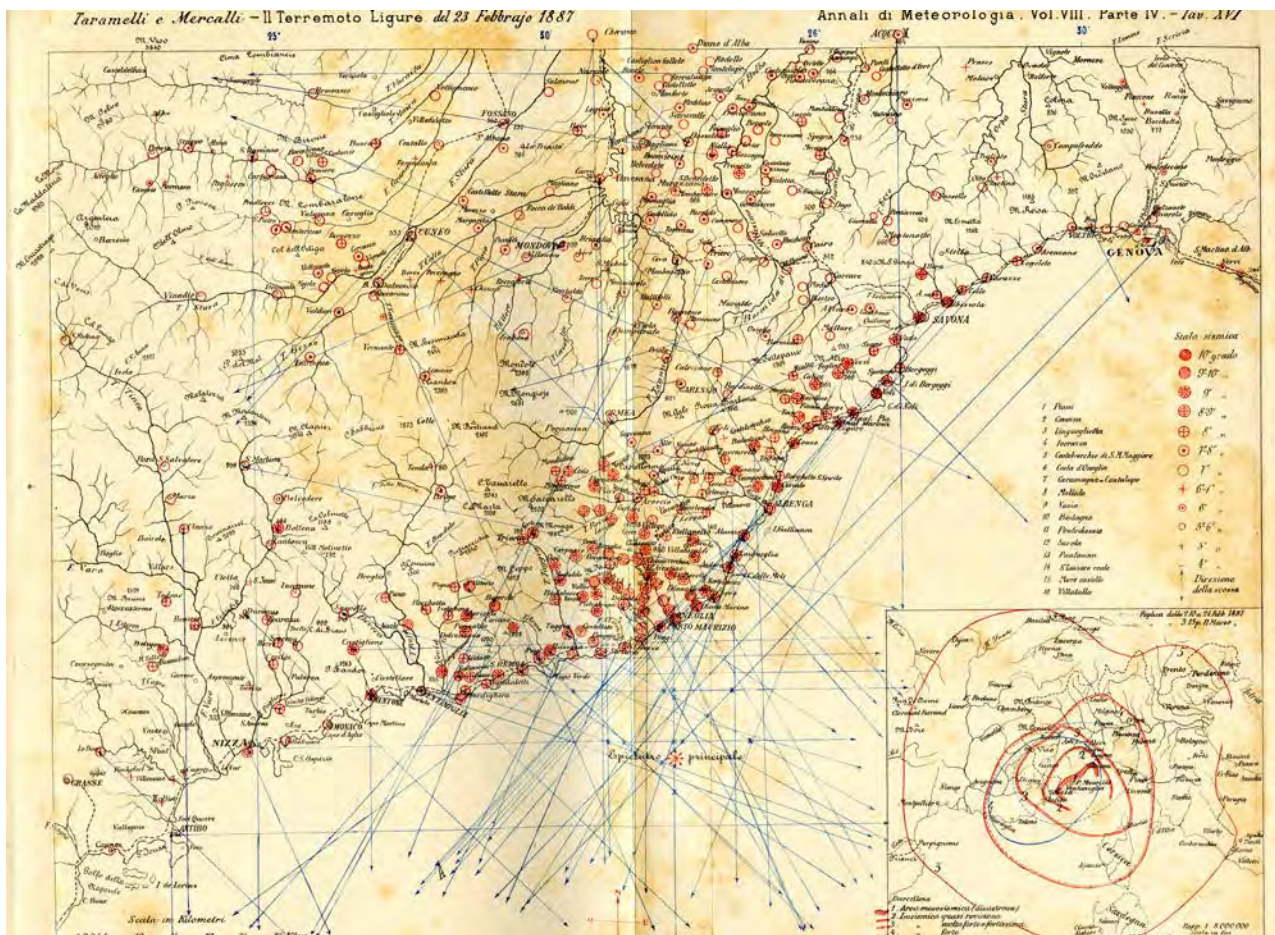


Figura 2. Terremoto ligure del 1887: direzione di propagazione dei fronti d'onda e intensità del sisma nelle località esaminate; nel riquadro isosisme della scossa principale del 23 febbraio (1. disastroso; 2. quasi rovinosa; 3. molto forte e fortissima; 4. forte; 5. leggera). L'isosista n.5 racchiude l'area di avvertibilità del terremoto. La linea tratteggiata racchiude l'area di avvertibilità delle repliche del 24 febbraio e la linea continua quelle dell'11 marzo.

Nel 1888 Mercalli, dopo aver insegnato per tre lustri nei seminari di Monza e Milano e al Collegio Mellenio-Rosmini di Domodossola, si trasferirà a Reggio Calabria, al Liceo “Tommaso Campanella”. La motivazione ufficiale di tale scelta sarà lo studio della sismicità della Calabria, perché egli riteneva prossimo l'avvio di un nuovo periodo sismico. In realtà non sarà il solo interesse scientifico ad allontanare Mercalli da Milano ma probabilmente anche le tensioni emerse nell'ambiente ecclesiastico per l'iniziativa promossa da Antonio Stoppani finalizzata alla realizzazione di un monumento ad Antonio Rosmini alla quale Mercalli avrebbe aderito. Mercalli lascerà Reggio nel 1892 prima che si avverasse la sua previsione con i terremoti del 1894, 1905, 1907, 1908 e si trasferirà a Napoli al Regio Liceo “Vittorio Emanuele” richiamatovi dall'interesse per l'attività del Vesuvio. Ma egli non abbandonerà gli studi già sviluppati per il terremoto ligure. Infatti la scala delle intensità già con questo terremoto del 1887, sarà ulteriormente elaborata e sarà presentata nella sua forma finale nel 1897 con la monografia sismica della Liguria e del Piemonte. La scala sarà di 10 gradi (I grado: scossa strumentale; X grado: disastrosissima), indicata dal Mercalli stesso come Scala Sismica Empirica [Mercalli, 1897a].

Sempre nel 1897 Mercalli pubblicherà una seconda monografia sismica a carattere regionale riguardante la Calabria Meridionale e il Messinese [Mercalli, 1897b]. La monografia riporta un catalogo dei terremoti di questa regione dal 1669 al 1895 e una dettagliata analisi degli effetti del terremoto del 16 novembre 1894 che investirà la Calabria Meridionale e il Messinese. Mercalli esaminerà le direzioni di propagazione dei fronti d'onda per la localizzazione dell'epicentro secondo il metodo di Mallet. Poiché furono rilevati due punti di intersezione di tali fronti d'onda, l'uno in Aspromonte e l'altro nel Tirreno, a largo di Palmi, Mercalli interpreterà il fenomeno sismico con due scosse, riconoscendo a quella in mare un'energia più elevata. Per la rappresentazione degli effetti Mercalli tratterà 7 curve isosismiche con diversi livelli di danneggiamento, da disastroso nell'area epicentrale fino a scossa leggera corrispondente alla fascia di avvertibilità. Mercalli non utilizzerà la Scala Sismica Empirica sperimentata nello studio del terremoto ligure ma secondo tale scala il terremoto Calabro-Messinese, avvertito da Palermo a Salerno, mostrerà nell'area epicentrale l'intensità del IX grado. Trascorsi poco più di dieci anni l'8 settembre 1905 un nuovo disastroso terremoto colpirà la Calabria. Anche in questo caso Mercalli sarà nominato componente di una Commissione Scientifica, istituita dal Ministro dell'Istruzione Pubblica (On. Bianchi) per lo studio del terremoto. Di questo grande terremoto Mercalli produrrà solo una nota preliminare perché impegnato nello studio dell'eruzione del Vesuvio del 1906, come risulta da una sua dichiarazione: *“l'eruzione vesuviana dello scorso aprile che tutto mi assorbì per alcuni mesi ... mi obbligarono a interrompere il lavoro...”*. Si tratta quindi di un'opera incompleta; sarebbe stato interessante avere disponibile uno studio approfondito di tale sisma, in quanto si tratta dell'evento di maggiore energia che Mercalli aveva studiato fino a quel tempo e per di più aveva sviluppato in quegli anni, accanto a una notevole capacità di analisi, una visione olistica della dinamica crostale nell'associare terremoti e vulcani a un comune processo endogeno. Nella nota preliminare sul terremoto [Mercalli, 1906a] vi sono spunti interessanti che avrebbero meritato un maggiore sviluppo come l'individuazione di precursori della scossa principale, esistenza di due epicentri, uno sviluppo della scossa in tre fasi; inoltre Mercalli, in questa nota ipotizza che il complesso quadro degli effetti osservato debba attribuirsi all'azione contemporanea dei due centri sismici ed alla propagazione di onde riflesse dal substrato cristallino. Mercalli avrebbe potuto, con questo terremoto, provare la validità della sua Scala Sismica Empirica che nel 1900 era stata adottata dall'Ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinamica e denominata Scala Sismica Mercalli [Mercalli, 1902].

Dopo la lunga serie di repliche del terremoto del 1905, il 23 ottobre 1907 un altro grande terremoto colpirà la Calabria con epicentro sul versante ionico dell'Aspromonte. In seguito a questo terremoto, tra gli studiosi si sviluppò un dibattito sull'appartenenza o meno di questo sisma alla sequenza di repliche del terremoto del 1905. Mercalli sostenne la tesi che si trattava di un sisma non correlabile a quello del 1905, non solo perché distante più di 50 km ma soprattutto perché faceva parte di un diverso centro sismico (oggi diremmo “diversa struttura sismogenetica”). Per questo terremoto Mercalli realizzò la prima mappa degli effetti tracciando le isosiste previste dalla sua Scala Empirica, fino al IX grado [Mercalli, 1910].

In seguito al terremoto Calabro Messinese del 1908 Francesco Bassani, Direttore dell'Istituto di Geologia e Paleontologia della R. Università di Napoli e componente della Commissione Governativa sul terremoto, proporrà al Presidente della Commissione, a mezzo di una missiva dell'11 febbraio 1909, che fosse presa in considerazione la monografia di Mercalli sui terremoti della Calabria Meridionale e del Messinese [Mercalli, 1897b] per l'ampia trattazione della sismicità storica dell'area e per *“la descrizione particolareggiata dei terremoti calabro-messinesi cominciati il 16 novembre 1894”*. (Fig. 3).

Mentre operava la Commissione Governativa sul terremoto del 1908, la Commissione Parlamentare di Inchiesta sulle condizioni dei contadini nel Mezzogiorno assegnò a Mercalli l'incarico dello studio del

terremoto con il fine di esaminare l'influenza dei terremoti sul disagio economico della Basilicata e della Calabria. Mercalli indagò la parte del territorio maggiormente colpita dal sisma per verificare quanto la localizzazione dei centri abitati, la natura del suolo e i metodi costruttivi avessero contribuito al disastro. I risultati delle indagini consentiranno a Mercalli di affermare che la causa principale delle vittime nelle due città di Reggio e Messina era da ricercare nelle inadeguate tecniche costruttive e nei pessimi materiali utilizzati. L'epicentro del terremoto sarà localizzato nello Stretto di Messina tra le città di Messina e Reggio, sia dall'analisi degli effetti che con il metodo di Mallet. Con quest'ultimo si evidenzia lo sviluppo della sorgente sismica verso sud in mare, dove si rilevavano altre intersezioni delle traiettorie dei fronti d'onda (Fig.4). Sulla base delle testimonianze acquisite nell'area epicentrale Mercalli interpreta il meccanismo di liberazione dell'energia sismica con un processo complesso di "fratturazione" che si sarebbe tradotto in una successione rapida di due o tre scosse a intensità crescente. Nel corso dello studio degli effetti del terremoto saranno esaminati anche gli effetti del maremoto che colpì le coste dello stretto e il meccanismo sarà interpretato con il trasferimento dell'energia sismica dal mezzo solido al liquido nel fondo del mare, mentre l'ampiezza dell'onda di maremoto sarà condizionata, secondo Mercalli, dalla profondità del mare e dalla riduzione della sezione dello Stretto. Mercalli rappresenterà il campo macrosismico in base ai dati sulle percentuali di costruzioni crollate e danneggiate, e delle percentuali di perdite di vite umane e dei feriti. Il campo macrosismico sarà definito con le isosiste di XI, X, IX e VIII grado, secondo la Scala Sismica Empirica, alla quale Mercalli aggiunge il grado XI per giustificare il livello di danno (catastrofe) come aveva proposto Adolfo Cancani (1904). Questi esprimerà i gradi della scala delle intensità proposta da Mercalli in termini di accelerazione. Su questo aspetto Mercalli (1909) così si esprime "... indicherò l'intensità con la mia Scala Sismica, aggiungendo il grado XI (catastrofe) come venne proposto dal Prof. Cancani, 1904".

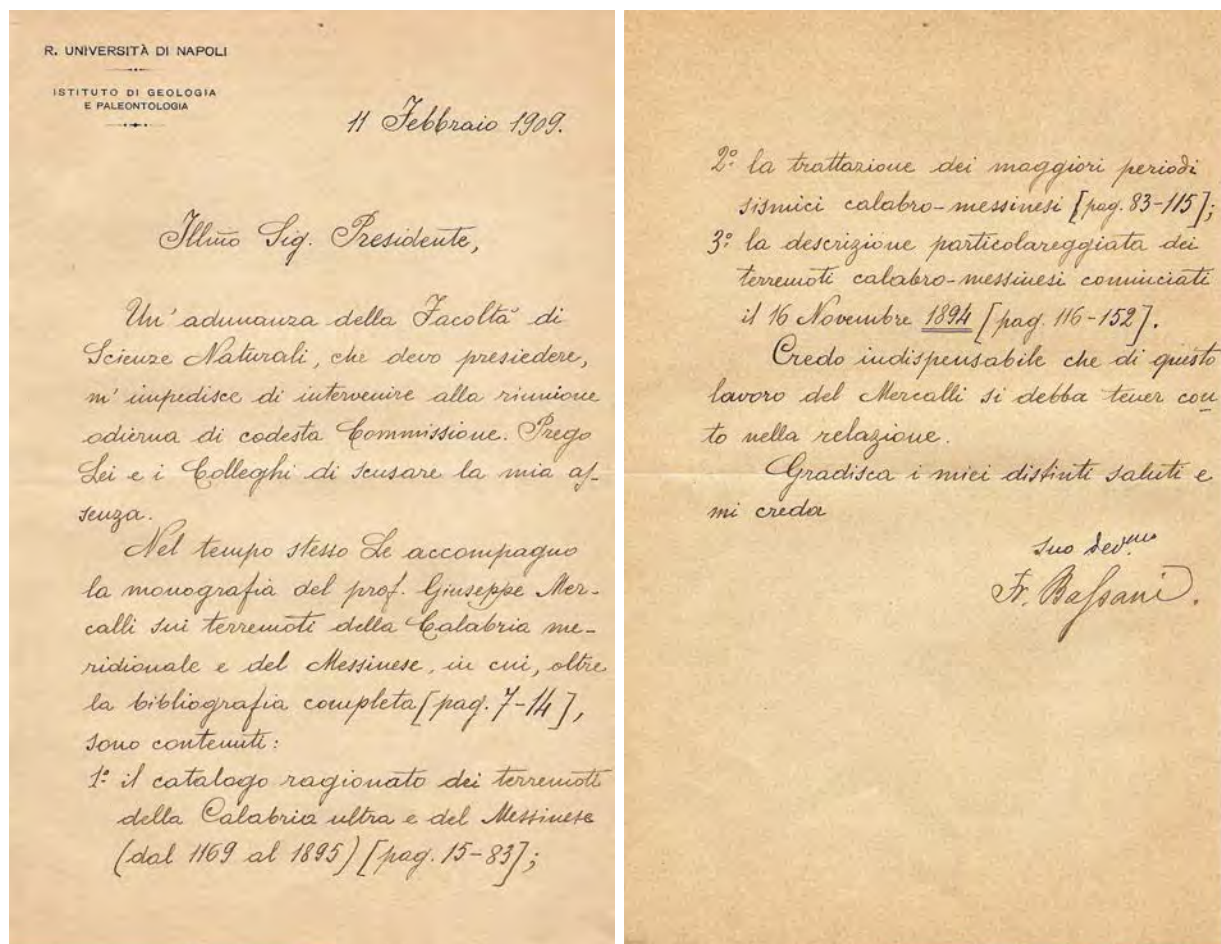


Figura 3. Lettera di Francesco Bassani, Direttore dell'Istituto di Geologia e Paleontologia della R. Università di Napoli, dell'11 febbraio 1909 al Presidente della Commissione Governativa sul terremoto Calabro-Messinese del 1908 [Luongo et al., 2012b].

Nella monografia sui terremoti della Basilicata e della Calabria, predisposta per la Commissione Parlamentare d'inchiesta sulle condizioni dei contadini nel Mezzogiorno, Mercalli riesaminerà gli effetti del terremoto del 1908 nell'area epicentrale e aggiungerà alla Scala il XII grado (grande catastrofe) per la straordinaria violenza dell'evento sismico [Mercalli, 1910]. La nuova scala di XII gradi, prenderà il nome di Scala Mercalli-Cancani [Caloj, 1942].

Nel 1923 Sieberg porterà ulteriori contributi alla classificazione dei danni in termini di gradi di intensità e valore dell'accelerazione. La Scala sarà denominata Scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS). Questa sarà utilizzata come documento di base per la realizzazione della Scala di Intensità Mercalli Modificata (Scala MM) introdotta negli USA nel 1931 da H.O.Wood e Frank Neumann [Richter, 1958].

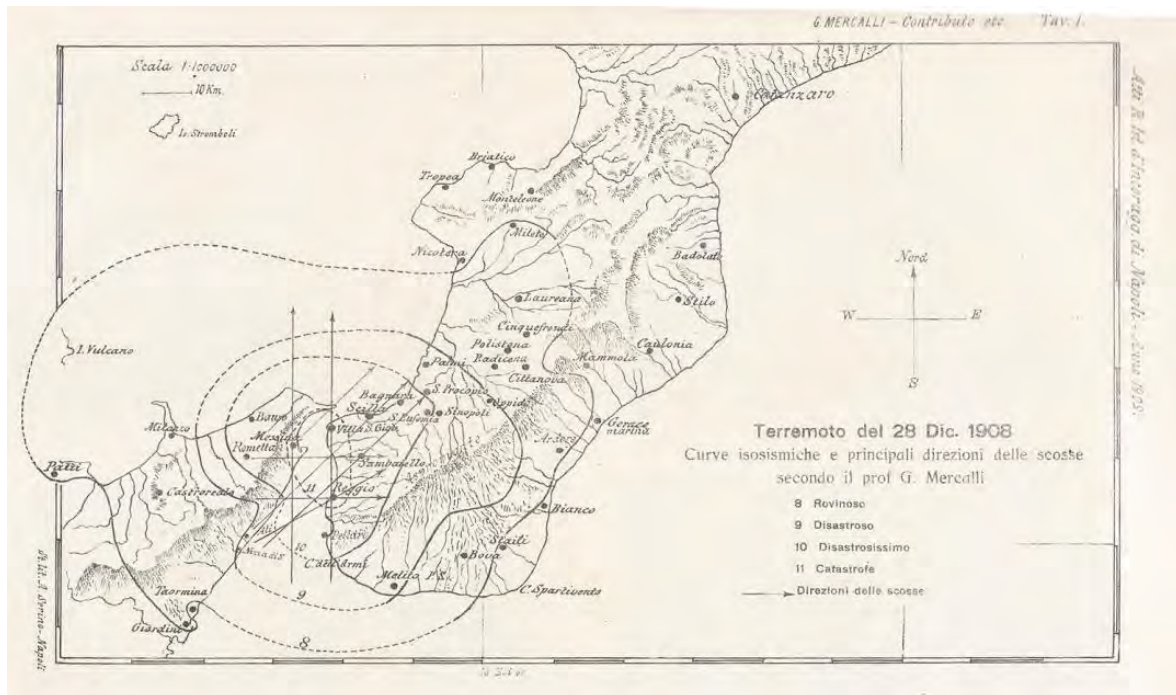


Figura 4. Terremoto calabro - messinese del 28 dicembre 1908. Curve isosismiche e principali direzioni delle scosse. Sono rappresentate quattro curve isosismiche (catastrofe XI grado, disastrosissimo X grado, disastroso IX grado, rovinoso VIII grado). Le direzioni delle scosse segnalano due aree di intersezione (epicentri).

2. Mercalli e i vulcani

Mercalli programma le sue ricerche osservando il fenomeno vulcanico nella sua complessità, operando su un ampio spettro, senza mai rinchiudersi in un settore specifico, indagando sulle strutture e morfologie degli apparati vulcanici e loro dinamica, sulla composizione chimica e mineralogico-petrografica delle rocce, sui parametri fisici delle lave, sui meccanismi eruttivi.

Mercalli osserva, interpreta e classifica i processi eruttivi, mettendo insieme entrambe le linee guida degli studi della natura affermatasi nel '700 alle quali si rifanno due eccellenze tra i naturalisti del '700 e '800, Lazzaro Spallanzani e Antonio Stoppani. L'interesse di Mercalli per i vulcani si svilupperà parallelamente a quello per i terremoti, non vi sarà nel corso della sua attività di ricerca un periodo destinato ai terremoti e un periodo destinato ai vulcani, non vi sarà quindi un prima e un dopo, ma uno scambio continuo nonostante che i due settori si presentino del tutto distinti nelle note e monografie prodotte.

Questa interazione permanente si comprende pienamente se ci si rifà al paradigma mercalliano, dal quale si evince che terremoti ed eruzioni sono processi di origine plutonica e la distinzione tra i due emerge quando Mercalli afferma che i terremoti sono da considerarsi "eruzioni abortite". Naturalmente questa visione plutonica di Mercalli va accettata in termini più generali e raramente specifici. Infatti Mercalli afferma che i terremoti di Ischia sono delle "eruzioni abortite" la sua interpretazione può essere considerata

realistica da quanti interpretano i terremoti nelle aree vulcaniche associati a processi vulcano-tettonici. Invece nei casi più generali l'interpretazione di Mercalli può essere accettata in una visione geodinamica dei processi tettonici, laddove il motore dei moti della parte più esterna della Terra sia da localizzare nel Mantello, dal quale si generano anche le masse magmatiche che alimentano il vulcanismo.

Mercalli sarà attratto dalle manifestazioni eruttive dei vulcani siciliani e seguendo un ideale percorso tracciato da Spallanzani a fine '700 visiterà Stromboli, Vulcano e l'Etna tra il 1878 e il 1891. Egli osserverà a Stromboli e all'Etna lanci di scorie in successioni ravvicinate tali da generare colonne eruttive incandescenti. Tale attività denominata stromboliana, sarà utilizzata da Mercalli per definire l'omonima tipologia eruttiva nella classificazione delle eruzioni. A Vulcano opererà come membro della Commissione Scientifica Tecnica Governativa incaricata dello studio dell'eruzione del 1888-1890 e avrà così la possibilità di studiare sul campo due distinte fasi eruttive di questo vulcano (Fig.5): la fase vulcaniana e quella ultra vulcaniana; la prima caratterizzata dal lancio di prodotti coevi, la seconda di materiale strappato dal condotto vulcanico [Mercalli e Silvestri, 1888].



Figura 5. Eruzione di Vulcano. 14 febbraio 1889 (sinistra) e 20 Agosto 1888 (destra).

Ma Mercalli non si limita allo studio dei vulcani attivi in quanto indaga anche sui vulcani estinti della Toscana e del Lazio. Egli effettuerà numerose escursioni nei dintorni di Viterbo negli anni 1885-1886 per realizzare una monografia sui vulcani del Viterbese, producendo un ricco materiale di studio, mostrando anche buone qualità di rilevatore, ma, a causa di altri impegni, non completerà le indagini programmate e darà alle stampe una nota preliminare, senza portare a termine lo studio petrografico [Mercalli, 1890].

Quando Mercalli si trasferirà a Napoli, nel 1892, studierà prevalentemente il Vesuvio senza però trascurare i Campi Flegrei. Questa attività sul Vesuvio è testimoniata da un cospicuo numero di note sui vari aspetti dell'attività del vulcano e particolare attenzione fu rivolta a produrre una terminologia adeguata a rappresentare i fenomeni osservati, alla schematizzazione dei processi eruttivi e alla loro classificazione.

Questa tematica sarà sviluppata estendendo le indagini ai fenomeni eruttivi registrati dal 1700; egli individuerà dodici periodi eruttivi che iniziavano con attività esplosiva moderata al cratere centrale, continuavano con alternanza di fasi esplosive violente o moderate, emissioni laviche sommitali o laterali, ed infine terminavano con un'eruzione laterale o eccentrica. Un'indagine simile era già stata intrapresa da Palmieri il quale aveva rilevato un'analogia nei comportamenti eruttivi del Vesuvio in tempi storici diversi. Anche in tempi recenti l'attività eruttiva al Vesuvio, successiva all'eruzione del 1631, è stata suddivisa in periodi eruttivi per le analogie rilevate nel succedersi delle eruzioni [Santacroce, 1987].

Mercalli effettuerà al Vesuvio un'attività di monitoraggio con osservazioni settimanali al cratere dal 1893 al 1906, riportate nel Bollettino della Società Sismologica Italiana sotto il titolo di "Notizie vesuviane" e produrrà una nota dettagliata sulle varie fasi dell'eruzione vesuviana dell'aprile 1906 [Mercalli, 1906b]. La nota si apre con una breve discussione sui fenomeni precursori per procedere poi alla descrizione della prima fase effusiva dei giorni 4 e 7 aprile, del parossismo stromboliano che seguirà e della fase vulcaniana di chiusura. Una parte della relazione tratta dei cambiamenti della parte sommitale del vulcano avvenuti al cratere e al gran cono in seguito all'attività esplosiva.

Nei Campi Flegrei l'attenzione di Mercalli sarà rivolta essenzialmente allo studio del fenomeno bradisismico e all'attività della Solfatara per verificare l'esistenza o meno di un legame tra attività vulcanica e movimenti verticali del suolo, seguendo un suggerimento di Francesco Bassani, docente di geologia dell'Università di Napoli.

Mercalli sulla base dei risultati ottenuti nello studio dei vulcani attivi italiani e dei numerosi vulcani spenti, e per la vasta conoscenza della letteratura vulcanologica realizzerà il trattato di vulcanologia *"I vulcani attivi della Terra"*, apparso nel 1907 [Mercalli, 1907] (Fig. 6). In quest'opera Mercalli individuò in numerosi vulcani ben definiti periodi eruttivi, caratterizzati da una successione di fenomeni esplosivi o esplosivi ed effusivi preceduti e seguiti da intervalli di quiescenza più o meno lunghi. Si tratta di un catalogo ragionato dei vulcani attivi del mondo attraverso la morfologia degli apparati, la dinamica delle eruzioni e il chimismo dei prodotti eruttati; si fornisce un testo di vulcanologia impostato sui criteri scientifici più avanzati all'inizio del '900.

In quest'opera Mercalli introduce la classificazione dei vulcani per diverse tipologie, secondo il modo di formazione dell'edificio vulcanico, distinguendo quattro tipi diversi:

1. Tipo Vulcano-spaccatura o Tipo islandico. Non esiste un condotto centrale, l'attività eruttiva si sviluppa attraverso una fessura;
2. Tipo sottomarino di mare profondo;
3. Tipo Vesuvio. Attività eruttiva attraverso un condotto centrale stabile;
4. Tipo Puy o Flegreo. Campo vulcanico formato da duomi lavici e coni di tufo e piroclastiti sciolte.

Nelle eruzioni fissurali i fenomeni esplosivi hanno scarsa rilevanza mentre nei vulcani a condotto centrale spesso le eruzioni sono totalmente esplosive. Sulla base di questa osservazione Mercalli procedette anche alla classificazione delle esplosioni vulcaniche secondo categorie con intensità crescente:

- 1° Stromboliane o hawaiane - lancio di materiale coevo incandescente, scorie, bombe;
- 2° Miste - esplosioni stromboliane con lanci di materiale coevo e di eruzioni precedenti;
- 3° Vulcaniane - lancio di materiale coevo;
- 4° Ultravulcaniane - lancio di materiale strappato dal condotto;
- 5° Pliniane - eruzioni esplosive di straordinaria violenza, parossismi esplosivi;
- 6° Peleane - nubi ardenti.



Figura 6. Frontespizio dell'opera *"I vulcani attivi della Terra"* di Giuseppe Mercalli. A sinistra l'edizione del 1907 dell'Editore Ulrico Hoepli, a destra la copia anastatica del 2012, Edizione lampi di stampa.

Mercalli ha catalogato i vulcani basandosi sui processi di formazione degli apparati e la loro attività eruttiva con le tipologie caratterizzanti alcuni vulcani e dai quali ne fa discendere la denominazione (attività stromboliana, hawaiana, vulcaniana, peleana, ecc). Di fronte a fenomeni così complessi e poco noti, Mercalli per conoscere genesi e meccanismi delle eruzioni aveva un percorso obbligato: raccogliere innanzitutto dati, classificarli ed operare raggruppamenti conformi alla natura degli eventi osservati.

Mercalli fu un geniale pensatore che ha lasciato una traccia profonda nei settori della Sismologia e della Vulcanologia sia per l'acume che mostrava nelle osservazioni e nelle interpretazioni dei fenomeni investigati che per le straordinarie capacità di fornire un ordine logico ai processi e a classificarli secondo la loro genesi, attraverso un efficace percorso indiziario. Mercalli finirà la sua esistenza terrena nel 1914, per un tragico incidente che sarà ricordato, unitamente ai suoi interessi scientifici, in una epigrafe posta sulle mura esterne dell'Osservatorio Vesuviano, per iniziativa di studenti universitari, tra i quali vi sarà Giuseppe Imbò che nel 1937 sarà nominato direttore all'Osservatorio Vesuviano:

Giuseppe Mercalli / Sacerdote milanese / Pervaso dal fuoco del sapere / Consacrò al fuoco dei vulcani / Allo studio / Delle convulsioni telluriche / Tutta la sua vita / Che tra gli spasimi del fuoco / Si spense

Bibliografia

- Beccaria, G.B., (1793). *Dell'elettricismo opere del p. Giambattista Beccaria... con molte note nuovamente illustrate*. Macerata: dalla nuova Stamperia di Antonio Cortesi, 2 vol.
- Caloj, P., (1942). *Attività sismica in Italia nel decennio 1930-1939*. Reale Accademia d'Italia. Commissione Italiana di Studio per i problemi del soccorso alla popolazioni. Vol. IX. Felice Le Monnier, Firenze.
- Cancani, A., (1904). *Sur l'emploi d'une double échelle sismique des intensités, empirique et absolue*. C.R. des Séances de la deuxième Conference Séismologique Internationale réunie a Strasbourg, Leipzig 1903, Gerlands Beitrage zur Geophysik, vol. II, pp. 281-283.
- Daubeny, C., (1848). *A description of active and extinct volcanos, of earthquakes and thermal springs with remarks on the cause of these phenomena, the character of their respective products, and their influence on the past and present condition of the globe*. Richard and John E. Taylor – London.
- Luongo, G., Cubellis E., Obrizzo F. (2012a). *The Founders of Seismology in Italy by the Mid-Nineteenth Century*. In "Uomini e ragioni : I 150 Anni della Geologia Unitaria". Atti Sessione F4, Geoitalia 2011. ISPRA-Geoitalia-Regione Piemonte. Atti /2012, ISBN 978-88-448-0514-2; pp.75-88.
- Luongo, G., Carlino S., Cubellis E., Delizia I., Obrizzo F., (2012b). *Casamicciola 1883 Il sisma tra interpretazione scientifica e scelte politiche*. Bibliopolis, Napoli 2012, pp. 282 con XXX tavole a colori f.t. ISBN 978-88-7088-610-8; <http://hdl.handle.net/2122/8105>
http://www.isprambiente.gov.it/site/it-IT/Pubblicazioni/Atti/Documenti/atti_150anni.html
- Mallet, R. (1862). *Great Neapolitan earthquake of 1857 – The first principles of observational seismology*. Chapman & Hall, vol. I pp. 431, vol. II pp. 399, Londra.
- Mercalli, G., (1883). *Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia*. F. Vallardi, pp. 376, Milano.
- Mercalli, G., (1884). *L'isola d'Ischia ed il terremoto del 28 luglio 1883*. «Memorie del R. Istituto Lombardo di Scienze e Lettere», vol. XV, fasc. 2, pp. 99-154, Milano.
- Mercalli, G. e Silvestri O., (1888). *Relazione scientifica della Commissione incaricata degli studi dal R. Governo. Le eruzioni dell'isola di Vulcano incominciate il 3 agosto 1888 e terminate il 22 marzo 1890*. «Annali dell'Ufficio Centrale Meteorologico e Geodinamico Italiano», vol. X, parte IV, pp. 71-284, 1891, Roma.
- Mercalli, G., (1890). *Osservazioni petrografico-geologiche sui Vulcani Cimini*. Rendiconti del R. Istit. Lomb. di Scienze e Lettere, Serie 2, Vol. XXIII, fascicolo 20, pp.11 in 8°.
- Mercalli, G., (1897a). *I terremoti della Liguria e del Piemonte*. Memoria, pp. 147, tavv. 3, Stab. Tipografico Lanciano e Pinto, Napoli.
- Mercalli, G., (1897b). *I terremoti della Calabria Meridionale e del Messinese*. «Memorie della Società Italiana delle Scienze (detta dei XL)», tomo XI, serie 3a, pp. 117-266, tavv. 2.
- Mercalli, G., (1902). *Sulle modificazioni proposte alla scala sismica De Rossi-Forel*. Società Tipografica modenese, pp. 10, Modena. Estratto dal «Bollettino della Società Sismologica Italiana», vol. VIII.
- Mercalli, G., (1906a). *Alcuni risultati ottenuti dallo studio del terremoto calabrese dell'8 settembre 1905*. «Atti dell'Accademia Pontaniana», vol. XXXVI, Memoria n. 8, pp. 1-9.

- Mercalli, G., (1906b). *La grande eruzione vesuviana, cominciata il 4 aprile 1904*. «Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei », vol. XXIV, pp. 1-34, Roma.
- Mercalli, G., (1907). *I vulcani attivi della terra*. U. Hoepli ed., pp. 422, Milano.
- Mercalli, G., (1909). *Contributo allo studio del terremoto calabro-messinese del 28 dicembre 1908*. «Atti del R. Istituto di Incoraggiamento di Napoli», serie VI, vol. VII, pp. 249-292.
- Mercalli, G. (1910). *I danni prodotti dai terremoti nella Basilicata e nelle Calabrie*. Estratto dalla Relazione della Sotto Giunta Parlamentare di inchiesta sulle condizioni dei contadini nelle province meridionali e nella Sicilia, vol. V, Tomo III, Basilicata e Calabria. Roma.
- Phillips, J., (1869). *Vesuvius*. Oxford.
- Richter, C.F., (1958). *Elementary Seismology*. W.H. Freeman and Company, San Francisco and London.
- Santacroce, R., (Ed.) (1987). Somma – Vesuvius. Quaderni de “La Ricerca Scientifica”, 114, CNR, Roma.

Le case che si sfasciano: teorie sismologiche ed architettura antisismica dalle origini alla *legge architettonica* di Giuseppe Mercalli

Ricciardi G.P.

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

Introduzione

Nel settembre del 1884 una gravissima epidemia di colera, colpì Napoli diffondendosi con estrema virulenza nei quartieri bassi della città. Il sindaco dell'epoca, Nicola Amore, attivatosi per scongiurare che questo morbo diventasse endemico, chiese una legge speciale per la città di Napoli. L'anno successivo, sulla scorta dell'emozione provocata nell'opinione pubblica nazionale dalla tragedia, fu approvata la *Legge per il risanamento della città di Napoli*. Il Presidente del Consiglio Agostino Depretis, dichiarò solennemente che era necessario “*sventrare Napoli*”, neologismo, ispirato dal libro di Matilde Serao “*Il Ventre di Napoli*”, che si applicò da quel momento alla principale operazione di bonifica mai tentata, da effettuare con l'abbattimento di numerosi edifici per far posto a piazze, strade e case in nuove zone della città.

Il professore Giuseppe Mercalli, medaglia d'oro all'Esposizione Nazionale di Torino del 1884 per la sua monografia sul terremoto di Casamicciola del 1883 e per l'opera “*Vulcani e fenomeni vulcanici*”, si inserì nel dibattito scrivendo l'articolo “*Le case che si sfasciano e i terremoti*”, pubblicato nella rivista La Rassegna Nazionale di Firenze (1885). Il famoso sismologo così si esprimeva:

“Adesso, per esempio, si vuol sventrare Napoli. Per questo si abatteranno le casupole più luride e malsane de' fondaci, per sostituirvi puliti e salubri edifici, vie spaziose ed arieggiate, dove anche i napoletani più cenciosi trovino aria, acqua, luce, vita. Tutto questo sta bene: e sia lode al governo italiano, che si mostra tanto solerte nel compiere un grande atto di carità nazionale, concorrendo col sacrificio di molti milioni a redimere dalla sporcizia e dall'abiezione i più poveri quartieri di Napoli. Le commissioni edilizie non curino soltanto l'arte e l'igiene nell'approvare le nuove costruzioni pubbliche o private, ma anche la solidità e la resistenza dell'edificio all'urto di un terremoto.” [Mercalli, 1885].

1. Costruzioni antisismiche del passato: dal mondo classico al Rinascimento

L'unica fonte classica in cui è citato in modo esplicito l'uso di accorgimenti antisismici nell'antichità è la *Storia Naturale* di Plinio il Vecchio. Secondo questo autore è possibile mitigare il rischio sismico sia scavando pozzi come voleva la teoria aristotelica sui terremoti: “*I pozzi sono una buona prevenzione sismica e parimenti le numerose cavità: infatti, sono degli sbocchi che fanno fuoriuscire lo spirito*”; sia disaccoppiando la struttura dal terreno, mediante l'isolamento delle fondamenta: “*Una realizzazione della grandiosità greca degna di autentica meraviglia è il tempio di Diana che ancora esiste a Efeso, la cui costruzione impegnò tutta l'Asia per 120 anni. Lo eressero in una zona palustre, perché non dovesse subire terremoti o temere spaccature del suolo; d'altra parte, poiché non si voleva che le fondamenta di un edificio tanto imponente poggiassero su un suolo tanto sdruciolevole ed instabile, si pose sotto di esse uno strato di frammenti di carbone ed un altro di velli di lana.*” [Plinio, *Storia Naturale*, lib. II, XXXVI, 95].

Strati di sabbia o altri materiali inerti sotto le fondazioni, come nel tempio di Atena ad Ilion (III sec. a.C.) o nel tempio di Nettuno a Paestum, sono stati spesso interpretati, in chiave antisismica, come isolatori [Giuffrè, 1988]. Molti ingegneri moderni, infatti, intravedono in queste tecniche un sistema di attenuazione delle oscillazioni prodotte da un terremoto, in quanto, cavità ipogee, scavi in trincee o un substrato con materiale avente diversa impedenza acustica alla base, disaccoppiando le frequenze del sisma da quella propria della struttura, eviterebbero l'insorgere di fenomeni di risonanza disastrosa.

2. Terremoto e divina proporzione

Il Medioevo europeo non vede sostanziali progressi rispetto alla protezione sismica. Infatti, le prime ricerche sul comportamento di un edificio durante un terremoto incominciano quando viene abbandonata e superata la visione teodicea punitiva del fenomeno. Tuttavia, non bisogna pensare che l'arte del costruire basata sull'esperienza non fosse in grado di realizzare edifici capaci di resistere alle sollecitazioni sismiche, ma si tratta sempre di fatti locali e occasionali senza tentare di spiegare il terremoto su basi scientifiche.

Durante il Rinascimento, partendo dai testi di Vitruvio e Fibonacci, cominciarono a germinare nuove regole architettoniche, basate su concetti matematici di simmetria e proporzionalità degli elementi strutturali, che sembravano poter rappresentare lo standard di riferimento per la ricerca di una cultura antisismica. Alla base del ben costruire vi era sempre il canone vitruviano, descritto nel primo libro *De Architectura* [Vitruvio, I sec. a.C.], per cui l'architettura dovrebbe sempre soddisfare la triade: *firmitas* (stabilità), *utilitas* (utilità) e *venustas* (bellezza) [Perrault, 1684]. All'affermazione di questa concezione architettonica, che si sviluppò dal XVI al XVII secolo, contribuì essenzialmente l'opera di Luca Pacioli e Leonardo da Vinci: "*La Divina Proportion*", stampata nel 1497 e diffusa in tutta Europa, incentrata proprio sul "*numero aureo*" come chiave universale per penetrare i segreti dell'armonia della Natura. All'Architettura vengono applicati stessi rapporti e proporzioni riscontrabili nel corpo umano (*uomo vitruviano*) (Fig. 1) e, dal momento che l'uomo è fatto a immagine di Dio, non esiste in natura chi può rappresentare meglio bellezza ed equilibrio strutturale.

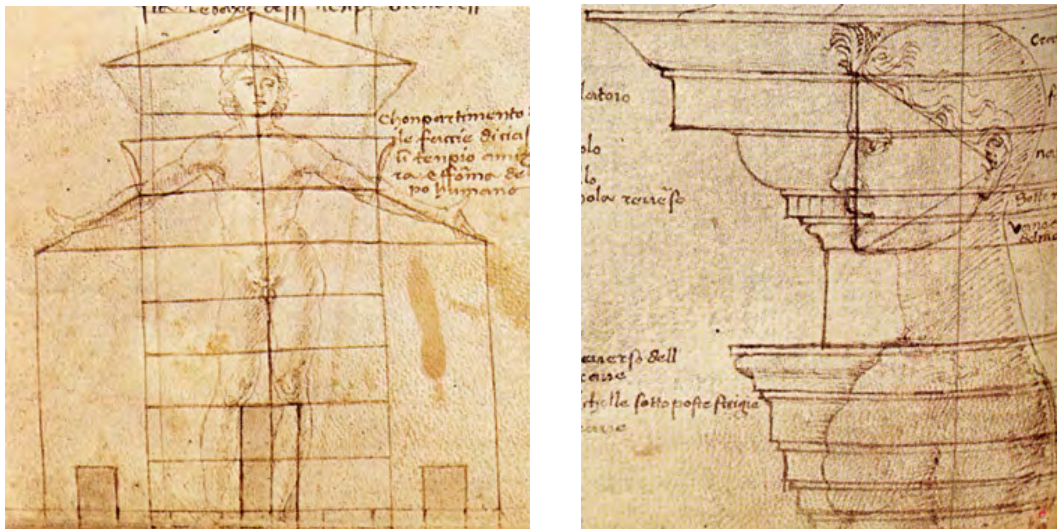


Figura 1. Corpo umano e Architettura nella *Divina proporzione*. Francesco di Giorgio Martini, *Del Trattato di Architettura civile e militare*, codice pergameneo del sec. XV, Firenze, presso la Biblioteca Medicea Laurenziana (Ms. Ashburnham 361).

Leon Battista Alberti intuì che "*una copertura a volta da maggiori garanzie contro gli incendi, mentre una travatura resiste meglio ai terremoti*" [Alberti, 1452], dimostrando di aver compreso i meccanismi di collasso delle strutture.

Il primo, però, a porsi il problema di costruire in modo antisismico fu Leonardo da Vinci, infatti, nel suo appunto sul "*riparo a' terremoti*" si nota il tentativo di utilizzare in modo non tradizionale, alcuni elementi strutturali (come le travi in legno dei solai o gli archi rovesci a sostegno di fondazioni), con lo scopo, esplicitamente dichiarato, di realizzare un vincolo rigido tra le diverse parti. Troviamo scritto, infatti, nel Codice A di Leonardo al foglio 53 recto: "*Ogni trave vole passare i sua muri ed esser ferma di là da essi muri con soffiiente catene, perché spesso si vede per tremoti le travi uscire de' muri e rovinare poi i muri e solari; dove, se sono incatenate, terrano i muri insieme fermi, e i muri fermano i solari*". In un certo senso, possiamo dire che nel XV secolo si pongono le basi della Statica e della progettazione strutturale antisismica, giunta nella sua veste attuale grazie all'opera di Pirro Ligorio, Galileo, Stevin, Varignon e naturalmente di Newton. Tra questi scienziati ricordiamo il grande contributo soprattutto di Galileo Galilei, padre fondatore della Scienza delle costruzioni, che compì le prime ricerche sulla resistenza dei materiali [Galileo, 1638].

3. Dal Rinascimento al secolo dei Lumi: Architettura militare e architettura antisismica

Nel 1503 un evento bellico segnò una svolta epocale nell'arte della guerra determinando nuovi sviluppi teorici sulla genesi dei terremoti e il graduale abbandono delle antiche teorie sismologiche aristoteliche. Pietro Navarro, per la prima volta nella storia, espugnò la città di Napoli scavando una mina carica di una grossa quantità di polvere da sparo. L'esplosione provocò un vero e proprio terremoto che causò il crollo delle mura e della chiesa di Castel dell'Ovo [Marchi, 1720]. L'efficacia e l'affermazione di questa tecnica militare causò un nuovo approccio architettonico difensivo (la cosiddetta *Architettura fortificata*) e molti personaggi da Francesco di Giorgio Martini, Laurana, Bramante, Michelangelo e Leonardo da Vinci furono coinvolti nella ricerca di soluzioni progettuali che potessero assicurare la sicurezza degli insediamenti urbani. Basandosi sull'applicazione di teorie matematiche, si svilupparono fortificazioni bastionate, in sostituzione o integrazione del sistema difensivo medievale, che condussero alla costruzione di opere razionali, a pianta stellata. Questa tipologia era più adatta alla difesa da sorgenti esplosive provenienti da ogni direzione. Si costruirono, inoltre, parallelamente alla cinta muraria opere sotterranee di collegamento e, per intercettare e neutralizzare le opere di mina avversarie, gallerie di contromina; vale a dire: *“lo scavo di una galleria che si fa per incontrare la mina del nemico acciò sfiati e non faccia effetto onde il fluido elastico che si libera nell'accensione della polvere, trovando uno sfogo non abbia più forma da esercitare contro la materia che lo circonda.”* [Promis, 1841].

Molti studiosi del tempo accettarono subito l'ipotesi che un terremoto potesse essere generato da un'esplosione in profondità. Scrive Andrea Bina: *“Queste osservazioni hanno indotto gran numero di filosofi ad ammettere non solo la grande analogia che avvi tra gli effetti delle mine militari e dei terremoti, ma altresì a riconoscere in ambedue una stessa cagione”* [Bina, 1751].

Nicolas Lemery nel 1684, diede consistenza alla nuova teoria sismologica con un esperimento che chiamò *“effervescenza delle piriti”* nel quale, mescolando limatura di ferro, zolfo e acqua, si produceva una combustione spontanea della massa che si gonfiava e poi esplodeva come nelle mine [Lemery, 1700]. L'ipotesi dell'esplosione sotterranea nei terremoti apparve tanto più evidente, quanto più si allargava la cognizione che il sottosuolo nelle aree vulcaniche contenesse serbatoi di piriti, come dimostrò Giovanni Maria Della Torre con le sue osservazioni sulla deviazione dell'ago magnetico sulle lave [Della Torre, 1755].

L'idea che un terremoto avesse gli stessi meccanismi sorgente di una mina, comportò l'applicazione dell'architettura militare alla progettazione di città antisismiche. Il terremoto della Val di Noto del 1693, ne suggerì la prima realizzazione.

4. Terremoto 11 gennaio 1693

L'11 gennaio 1693 la Sicilia, in quasi tutta la sua estensione, fu colpita da un violentissimo sisma in particolare molte città dell'area sud-orientale furono completamente distrutte. La ricostruzione, dopo le prime incertezze e polemiche nella scelta di nuovi siti per le città distrutte, produsse un interessante meccanismo di rinnovamento architettonico e urbanistico battezzato come *earthquake baroque* che si diffuse rapidamente su scala mondiale (Fig. 2).



Figura. 2. Esempio di architettura antisismica nota come “earthquake baroque”. Chiesa di Sant’Agostino (nota come Chiesa di Paoay) a Ilocos Norte nelle Filippine, costruita nel 1694, su commissione dei frati Agostiniani guidati da padre Antonio Estavillo. La chiesa fu completata nel 1710.

Dopo il terremoto del 1693, la città di Avola e di Grammichele furono ricostruite a pianta poligonale bastionata sul modello di Palmanova (Udine), che oltre a permettere una migliore organizzazione urbanistica, in caso di terremoto si pensava consentisse un efficace presidio antisismico (Fig. 3).



Figura 3. Pianta della città fortificata di Palmanova (UD) e di Avola (SR) costruita dopo il terremoto secondo i canoni dell'Architettura fortificata dall'architetto Gesuita Angelo Italia [Dufour et al., 1987].

5. Architettura antisismica nel XVIII secolo

Una nuova svolta urbanistica antisismica si ebbe con il terremoto di Lisbona dell'1 novembre 1755, che provocò fra 60.000 e 90.000 morti a seconda delle fonti. Questo evento rappresentò una rivoluzione epocale nella percezione delle catastrofi e una svolta nell'approccio allo studio delle Scienze della Terra. Dopo circa tre anni dal sisma, sotto la direzione del marchese de Pombal, venne approntata una vera e propria normativa antisismica, non più basata sui criteri rinascimentali delle città fortificate con mura, bastioni ecc., ma badando innanzitutto alla salvaguardia dei singoli cittadini. Si passò, in pratica, da una difesa generale a quella particolare, ovvero alla costruzione antisismica di singoli edifici.

Nella nuova Lisbona, l'altezza massima di buona parte degli edifici si limitò a tre piani; l'intelaiatura delle case detta a "gabbia pombalina" in onore del marchese de Pombal, doveva esser in legno, materiale sicuramente più idoneo nei terremoti in quanto più elastico e leggero delle murature.

Uno sviluppo più maturo e più razionale del modello Lisbona, si ebbe in Italia con il terremoto del 5 febbraio del 1783, quando il Regno di Sicilia fu colpito da un violentissimo terremoto: Catanzaro, Reggio Calabria e Messina vennero completamente distrutte. Il governo borbonico dimostrò un certo grado d'efficienza e una notevole capacità e rapidità d'intervento. Venne nominata dal Governo una commissione di ingegneri militari guidata da Francesco La Vega, alla quale fu affidata la scelta di nuovi siti. Al comando della spedizione di soccorso e ricostruzione, in qualità di Vicario generale del Re, fu nominato il maresciallo Francesco Pignatelli il quale, esaminati in dettaglio i danni subiti dai vari paesi, emanò a soli tre mesi dalla prima terribile scossa, il primo regolamento antisismico. La ricostruzione di intere città e paesi, come Reggio Calabria, Messina, Mileto, Palmi, fu pensata secondo regole e piani urbanistici totalmente nuovi che, a ragione, possono essere visti come uno dei primi tentativi europei di introduzione di una normativa antisismica finalizzata alla riduzione di questo rischio. La normativa obbligava ad attuare la ricostruzione degli edifici seguendo diverse raccomandazioni che, oltre all'aspetto urbanistico, tenessero conto delle distanze tra case, dell'altezza degli edifici e delle dimensioni delle strade. Poiché le scosse di assestamento durarono per mesi, molti studiosi del Regno accorsero in massa nelle province terremotate per osservarne meglio gli effetti. Fra questi William Hamilton, Ambasciatore inglese presso la corte di Napoli, famoso per i suoi studi vulcanologici sul Vesuvio, che visitò i luoghi del disastro nel maggio dello stesso anno. Nella sua relazione inviata alla Società Reale di Londra e all'Ufficio della Segreteria di Stato, si fece promotore di alcuni suggerimenti, in parte accolti nella nuova normativa: *"In primo luogo vorrei che la città si fabbricasse in un luogo elevato, in piano anziché in declivio, non tanto per la maggior salubrità dell'aria ma molto più perché si osserva che i terremoti fanno sempre maggior fracasso nelle pianure che nei monti."*

Le strade avrebbero a essere larghe e spaziose ed in direzione parallela a quella dei circonvicini fonti, perché la direzione dei terremoti seguita ordinariamente quella dei condotti sotterranei e se le fabbriche sono situate di traverso di questi è manifesto che l'urto dei terremoti contro di esse produce maggior fracasso. Vorrei inoltre che le strade fossero guarnite nel mezzo di larghe e profonde fogne a volta fra loro comunicanti con molti sbocchi e sfiatatoi, mentre io considero queste fogne come tante contromine capaci di rompere la forza dei terremoti. Le case dovrebbero essere di un solo piano e con una spaziosa aja scoperta nel centro che servir potrebbe d'orto e giardino; costruite di grosse muraglie ben rinforzate negli angoli e queste non già perpendicolari ma molto inclinate, onde le case formassero tante piramidi troncate, perché allora come ognun vede nella violenta oscillazione prodotta dai terremoti sarebbe assai più difficile che il centro di gravità venisse sbalzato fuori della base e le case andassero in rovina. I fondamenti dovrebbero essere profondi ed a volta e tutte le case dovrebbero avere le loro cantine le quali per mezzo di canali comunicassero con un pozzo aperto per dar maggior sfogo all'aria ed alle esalazioni sotterranee". [Hamilton, 1783].

Il 20 Marzo 1784, il governo Borbonico emanò le *"Istruzioni Reali"*, vero e proprio regolamento edilizio antisismico, da attuare nelle nuove edificazioni, che si ispirava in buona parte alle norme del 1755 di Lisbona e con ogni probabilità ad una tradizione costruttiva locale, con l'impiego di intelaiature lignee, già da tempo largamente diffuse in Calabria. Giovanbattista Mori, l'architetto incaricato della ricostruzione, assistito dal sismologo Giovanni Vivenzio, chiamò questa struttura in legno e muratura *"casa baraccata"* [Vivenzio, 1884], sul tipo dell'*opus craticium* romano, tipologia edilizia, forse non propriamente ideata con finalità antisismiche, ma molto frequente a Ercolano e Pompei dopo il terremoto del 62 d.C. Mori, in una relazione del 1789 al Generale Pignatelli, attribuisce *"tutto il merito dell'invenzione"* del sistema antisismico borbonico a La Vega, addetto agli scavi di Pompei, Ercolano e Stabia [Mauri Mori, 1909].

In realtà il primo esempio di *baracca* con finalità antisismiche la ritroviamo già nel 1300, stando a quello che riporta Vincenzo Magnati: *"Sotto il pontificato di Papa Bonifacio Ottavo e dell'imperio di Alberto nelli anni del Salvatore 1300 incominciò in Italia un'horribilissimo terremoto [ndr il riferimento è al terremoto del 1 dicembre 1298, nel reatino], che durò per molto tempo, e sempre con continuate concussioni, e finalmente distrusse la città di Rieti, dove detto pontefice ritrovava con tutta la corte, conforme lo racconta Ernando del Castiglio nell'Istoria di San Domenico, perchè intimorito il pontefice fuggì nè chiostri de Padri Domenicani di quella città, e non cessando il terremoto, hebbe per bene di fare edificare nè medesimi chiostri una casa di tavole, e si viddero la prima volta in Italia li Tabernacoli, che volgarmente chiamano Barracche, e Ciacconio nella vita del suddetto pontefice riferisce che in quell'anno era un freddo indicibile, e pareva che cessato il timore dopo più giorni dovesse il Pontefice ritornare nella sua habitatione, ma cò sofferenza inesplicabile volle habitare nella Barracca."* [Magnati, 1688]. La casa baraccata borbonica, per le sue caratteristiche di leggerezza e di sistema strutturale, si dimostrò, anche in occasione del terremoto del 1908, una felice intuizione dell'architettura antisismica (Fig. 4). L'unica voce critica fu proprio quella di Mercalli che nel 1909 scrisse: *"Subito dopo il disastro del 1783, in Calabria, si costruirono un po' di case baraccate o almeno basse e conformi ai regolamenti d'una buona edilizia sismica; ma poi a poco a poco, questi regolamenti vennero completamente dimenticati, e si alzarono edifici privati e pubblici, come chiese, scuole, caserme ecc, nello stesso modo e peggio che si farebbe nelle pianure lombarde e piemontesi quasi immuni dal flagello dei terremoti"* [Mercalli, 1909].



Figura 4. Casa baraccata di epoca borbonica rimasta in piedi dopo il terremoto del 1908. A fianco una casa a graticcio del I secolo d.C. rinvenuta a Ercolano da La Vega.

Nelle pubblicazioni scientifiche di questo periodo ebbe assoluto predominio la discussione a sostegno di una nuova ipotesi sulla genesi dei terremoti: quella *elettrosismica*: “*Il terremoto di Lisbona fu avvertito in tutta Europa e non vi è che la commozione elettrica, la quale si comunica a distanze così prodigiose, siccome vien provato dall’esperienze*” [Vivenzio, 1788].

La teoria elettrica del terremoto fu ben presto abbandonata (si arrivò al paradosso di interrare aste d'acciaio, i cosiddetti paraterremoti, sul modello dei parafulmini di Benjamin Franklin) grazie al contributo di numerosi ricercatori sperimentali, geniali inventori di sismoscopi a mercurio o a pendolo, tra i più noti: Jean De Haute Feuille, Atanasio Cavalli, Niccolò Cacciatore, Isidoro Pistolesi e Luigi Palmieri.

6. Robert Mallet: nasce la Sismologia moderna

La svolta decisiva nelle conoscenze e nello studio dei terremoti si deve, però, all'ingegnere irlandese Robert Mallet, che studiò il terremoto del 16 dicembre 1857 che devastò la Basilicata, in particolar modo la Val d'Agri, provocando diverse migliaia di vittime. A lui, infatti si deve la prima definizione scientifica di un sisma: “*Un terremoto è il transito di una onda (o di onde) di compressione elastica, verticale ed orizzontale, che attraversa la superficie terrestre, da qualsiasi centro di impulso o da più di uno proveniente da una qualsiasi direzione.*” [Mallet, 1862].

Merito di Mallet fu la felice intuizione che fosse possibile conoscere la profondità ipocentrale immaginando che le fratture nei muri delle case si disponessero normali al raggio sismico (Fig. 5). Inoltre arrivò alla conclusione, inedita per il suo tempo, che la velocità delle onde dipendesse dalla natura del sottosuolo.

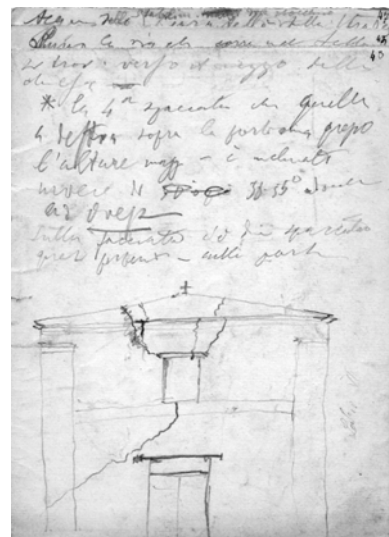
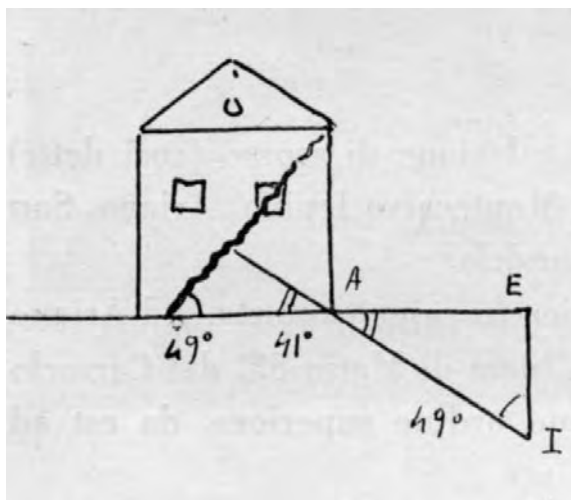


Figura 5. Metodo di Mallet per il calcolo dell'ipocentro (I) di un terremoto. A destra disegno di Mercalli del 1883 di una frattura a un edificio provocata dal terremoto di Casamicciola (Archivio storico Reale Osservatorio Vesuviano).

7. De Rossi e l'abito sismico di una città

Il Metodo Mallet fu utilizzato largamente nei decenni successivi da molti sismologi di campagna: Alessandro Serpieri, Timoteo Bertelli, Stefano De Rossi per citare i più famosi. In particolare De Rossi, approfondì particolarmente il metodo Mallet e si dedicò con grande interesse nella ricerca di antiche fratture sui monumenti di Roma, per calcolare gli epicentri di terremoti storici. Nel 1873, in una lettera a Serpieri comunicò una sua interessante scoperta: “*Trovo interessantissimo l’aver potuto definire quali sono i punti più soggetti ai guasti delle scosse, e l’aver veduto che questi sono i medesimi che in passato, e che in questo terremoto si sono riaperte vecchie screpolature. Sono questi tutti veri indizi della costanza della forma del terremoto nel medesimo luogo, e perciò della somma influenza dello stato della scorza terrestre nel modo con cui il fenomeno si manifesta. Ho cominciato ad esaminare i guasti e le crepacce dei nostri colossali*

monumenti, che si sa dalla storia essere stati scompaginati dai terremoti; e veggo che si trova pascolo per importanti osservazioni.” [Serpieri, 1873].

De Rossi, esaminando le fratture nei monumenti e la giacitura delle colonne rovesciate, mediante indagine diretta e iconografica, notò che esisteva una direzione prevalente nei terremoti romani (nord-ovest-sud-est). In pratica, De Rossi avanzò l'ipotesi: “*se una fabbrica soffre nello stesso modo, è evidente che viene scossa sempre in una stessa maniera.*” [De Rossi, 1879]. L'osservazione delle fratture antiche e recenti sui monumenti romani (Fig. 6), portò De Rossi ad enunciare quello che definì: “*l'abito sismico*” di una città.

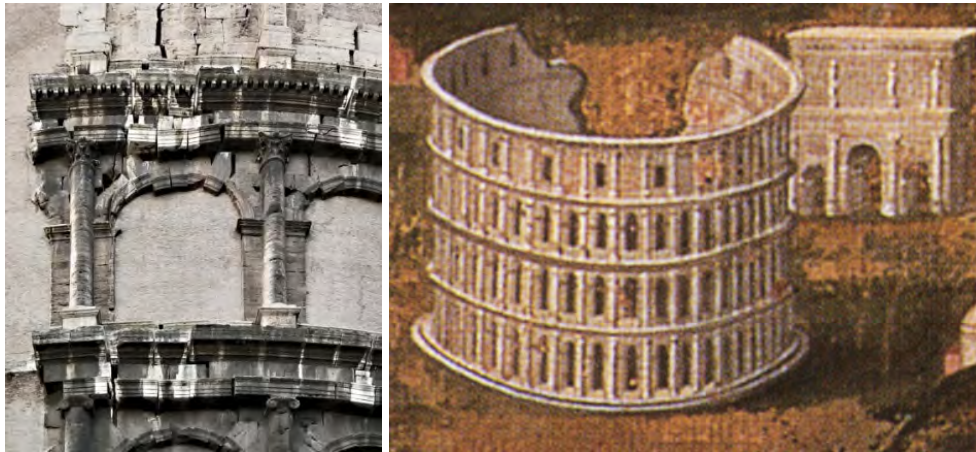


Figura 6. Il terzo anello superiore più esterno del Colosseo risulterebbe interamente distrutto nella porzione sud dal terremoto del 1806, dove sono presenti muri di contenimento ed opere di restauro realizzate sotto il pontificato di Papa Pio VII. A destra il Colosseo nel 1538, Anonimo, Panorama di Roma, Palazzo Ducale Mantova, (part.). Il precedente collasso del lato sud, visibile nell'affresco, fu dovuto al terremoto del 1349.

8. Mercalli e la legge architettonica

Mercalli, attento fin dalle origini delle sue ricerche, ai danni provocati dai terremoti su persone e manufatti, accettò con grande interesse la legge dell'*abito sismico* di De Rossi, perfezionandola ulteriormente.

Il suo approccio metodologico era basato su uno studio integrato di alcune osservazioni fondamentali. Innanzitutto, per Mercalli, occorreva uno *studio monografico del terremoto* basato sull'analisi di campagna di fratture sui fabbricati e al suolo in rapporto con la diversa natura delle rocce, ed eventuali amplificazioni di sito, responsabili di un'accentuazione del danno agli edifici “*I movimenti sismici ... hanno prodotto i danni maggiori nei villaggi situati su pendii o rilievi isolati, in quelli costruiti su sabbie gialle plioceniche, sulle molasse mioceniche disaggregate, su lembi di alluvioni quaternarie, su detriti di falda, su terreni di trasporto naturali od artificiali o meglio ancora su rocce cristalline profondamente decomposte. Si constata, inoltre, che il disastro è stato maggiore al contatto tra i terreni cristallini e gli strati terziari o quaternari loro sovrapposti, perché il movimento sismico... ha trovato in queste sacche una grande differenza di elasticità nel mezzo di propagazione.*” [Mercalli, 1907].

Egli si persuase che occorresse studiare statisticamente i terremoti per conoscere leggi e ricorrenze, mediante una storia sismica dei terremoti italiani, compilando cataloghi completi per “*regioni sismiche naturali*”. Questo per determinare l'intensità sismica relativa delle diverse regioni: “*ossia quello che si potrebbe chiamare il loro coefficiente sismico e in tal modo prevedere dove siano a temere i violenti terremoti e sia, perciò, necessario premunirsi contro le loro disastrose conseguenze; e dove invece tali precauzioni siano meno necessarie.*” [Mercalli, 1887]. Mercalli già nel 1882 aveva delineato queste *regioni sismiche naturali* pubblicandole nel primo “*Saggio di carte sismiche d'Italia in diverse epoche*”. Egli divise questa mappa, che abbracciava il periodo dal 1303 al 1846, in quattro periodi sismici in quanto notò che “*tutti i terremoti di maggior energia si ripetevano di preferenza e con caratteri non molto diversi sopra le medesime aree*”. [Mercalli, 1882]. Questa constatazione portò Mercalli ad enunciare quella che chiamò *legge architettonica*:

“Se l’esperienza ci insegna che una regione oscilla sempre in una direzione costante prevalente, per es. N-S, sarà chiaro che una casa resisterà tanto meglio quanto più l’urto sarà inclinato rispetto alle pareti. In altre parole, gli urti del terremoto avranno, a parità di altre condizioni, influenza dannosa minore se verranno a percuoterla secondo le diagonali, piuttosto che in direzione perpendicolare alla lunghezza dei muri”. [Mercalli, 1882].

Mercalli, per meglio determinare e quantificare la sua *legge architettonica*, estese la ricerca sull’*abito sismico* di De Rossi ad alcune importanti città italiane, determinando la direzione di propagazione di alcuni terremoti, nel periodo 1750-1850 (Fig. 7).

Direzioni osservate nei terremoti in alcune città d'Italia dal 1750 al 1880.												
	Torino	Moncalieri	Milano	Verona	Venezia	Padova	Parma	Bologna	Forlì	Urbino	Firenze	Livorno
N.	4	3	3	3	3	4	7	29	2	4	7	2
NNE.	0	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	0
NE.	0	4	1	3	2	3	5	8	4	10	8	1
ENE.	0	8	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1
E.	2	3	6	9	6	1	15	25	11	7	5	7
ESE.	0	6	2	0	1	1	2	2	2	0	3	2
SE.	1	15	1	3	3	0	10	9	6	7	8	1
SSE.	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	4	0

	Siena	Roma	Frascati	Ariccia	Rocca di Papa	Velletri	Alvito	Napoli	Cosenza	Catanzaro	Palermo	Corleone
N.	7	7	2	7	8	22	1	3	9	3	3	0
NNE.	2	5	6	0	0	4	0	0	2	0	1	0
NE.	1	43	16	2	53	15	0	3	6	0	2	34
ENE.	0	0	0	1	1	4	0	0	2	0	0	0
E.	10	20	2	10	2	13	72	4	11	3	22	511
ESE.	1	1	1	3	0	5	0	0	2	0	0	0
SE.	0	36	7	1	36	12	0	0	19	0	0	0
SSE.	1	4	2	0	2	5	0	0	0	0	0	0

Figura 7. Direzione dei terremoti calcolati da Mercalli da catalogo e da dati di campagna [Mercalli, 1883].

Per la città di Napoli, per esempio, Mercalli calcolò tre direzioni prevalenti: tre da nord, tre da nord-est e quattro da est, pertanto concluse che: *“In Napoli non è necessario per difendersi dai terremoti edificare case di legno o case baraccate, come si fa a Casamicciola ed in Calabria; è tuttavia molto prudente costruire edifici, i quali possano per la loro solidità resistere almeno a terremoti mediocrementemente disastrosi”* [Mercalli, 1882].

Ricerche recenti hanno confermato il *mediocrementemente disastroso* di Mercalli per i terremoti che hanno colpito la città di Napoli. Infatti, l’analisi della distribuzione degli effetti prodotti dai terremoti con intensità maggiore dell’VIII grado MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg) all’epicentro, a partire dal XV secolo fino al terremoto del 1980 (terremoto del 5 dicembre 1456; del 5 giugno 1688; dell’8 settembre 1694; del 26 luglio 1805; del 23 luglio 1930; del 21 agosto 1962 e del 23 novembre 1980), ha evidenziato che la provincia di Napoli ha subito un danneggiamento massimo tra il VII e l’VIII grado della scala MCS [Esposito et al. 1992]. Le mappe delle intensità ottenute dall’elaborazione di terremoti recenti (Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b9), considerando quali indicatori del livello di pericolosità i valori registrati di effettivo scuotimento del suolo in termini di picchi di accelerazione (PGA compresi tra 0.05 e 0.2 g), confermerebbero tale previsione.

Inoltre, sono noti o prevedibili, con sufficiente approssimazione: la distanza di Napoli dalle aree sismogenetiche dell’Appennino Meridionale; la Magnitudo del massimo evento che esse possono generare (6.9) e gli effetti macrosismici degli eventi storici nell’area urbana di Napoli [Alessio et al., 1993].

Il quadro complessivo del danneggiamento, ricavato analizzando la sismicità storica e recente, mostra che, a parità del valore di intensità epicentrale, la città di Napoli soffre in misura maggiore per i terremoti provenienti dalle zone sismogenetiche appenniniche localizzate a nord e nord-est, corrispondenti all’area Beneventana, con una intensità non superiore all’VIII grado della scala MCS [Esposito et al. 1992].

In conclusione Mercalli, non avendo elementi scientifici di valutazioni sulle possibilità che offriva la nuova tecnologia del calcestruzzo armato nell’edilizia antisismica, continuò a sostenere che i danni agli edifici sarebbero molto inferiori a quelli attesi, se le case fossero edificate tenendo conto della sua *legge*

architettonica. Tuttavia aggiungeva, pessimisticamente, che a causa dei lunghi periodi di ritorno dei terremoti disastrosi, il rischio fosse che già dopo due o tre generazioni, perdendosi la memoria storica dell'evento, si ricominciasse una pericolosa speculazione edilizia, infatti: “avviene che gli epigoni dimenticano le sventure subite dai progenitori e costruiscono su questa mobile terra come se essa fosse ferma o stabile in eterno” [Mercalli, 1909].

Bibliografia

- Alberti, L.B., (1452). *De re aedificatoria*, Lorenzo Torrentino, ed. 1550, Firenze.
- Alessio, G., Esposito, E., Luongo, G., Gorini, A., Porfido, S., (1993). *Identification of seismogenic areas in the Southern Apennines, Italy*. Annali di Geofisica, vol. XXXVI.
- Bina, A., (1751). *Ragionamento sopra la cagione de' terremoti*, Costantini e Maurizj, Perugia.
- De Rossi, S., (1879). *Meteorologia endogena*, fratelli Dumolard, Milano.
- Della Torre, G.M., (1755). *Storia e fenomeni del Vesuvio*, raimondi, Napoli.
- Dufour, L. e Raymond H., (1987). *La riedificazione di Avola, Noto e Lentini. Frà Angelo Italia, maestro architetto*, in Fagiolo, M. e Trigilia, L. (a cura di), *Il Barocco in Sicilia tra conoscenza e conservazione*, Ediprint, Siracusa
- Esposito, E., Porfido, S., Luongo, G., Petrazzuoli, S., (1992). *Damage scenarios induced by the major seismic events from XV to XIX century in Naples city with particular reference to the seismic response*, Earthquake Engineering, Tenth WorldConference, Balkema. Rotterdam.
- Galileo, G., (1638). *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attinenti alla meccanica e ai moti locali*, Elsevirii, Leida.
- Giuffrè, A., (1988). *Monumenti e terremoti, aspetti statici del restauro*, Multigrafica, Roma.
- Hamilton, W., (1783). *Relazione dell'ultimo terremoto delle Calabrie e delle Sicilie della Rovere*, Firenze.
- Lemery, N., (1700). *Explication physique & chimique des feux souterrains, des tremblement de terre, des ouragans, des éclairs & du tonnerre*, Mémoires de mathématique et de physique de l'Académie royale des sciences, Paris.
- Magnati, V., (1688). *Notitie istoriche de' terremoti successi ne' secoli trascorsi e nel presente indirizzati alla serenissima maestà di Carlo II dall'abbate D. Vincenzo Magnati*, Bulifon, Napoli.
- Mallet, R., (1862). *Great Neapolitan Earthquake of 1857: The First Principles of Observational Seismology*, Royal Society, London.
- Marchi, F., (1720). *L'architettura militare*, Corazzi, Bologna.
- Mercalli, G., (1883). *Vulcani e fenomeni vulcanici*. Edizione Vallardi, Milano.
- Mercalli, G., (1885). *Le case che si sfasciano e i terremoti*, La Rassegna Nazionale, Firenze.
- Mercalli, G., (1909). *Contributo allo studio del terremoto calabro-messinese del 28 dicembre 1908*, Atti del R. Istituto d'Incoraggiamento di Napoli, Serie VI, vol. VII, Napoli.
- Mercalli, G., (1909). *A proposito dei recenti disastri sismici calabresi*. Rassegna Nazionale, Firenze.
- Mauri Mori, G., (1909). *Riedificazione di Reggio Calabria*, Nuova Antologia, Roma.
- Perrault, C., (1684). *Les dix livres d'architecture de Vitruve, corrigés et traduits nouvellement en françois, avec notes et figures*. Coignard, Paris.
- Plinio, G.S., (I sec. d.C.). *Storia Naturale*, libri I- VI, a cura G. Conte, 1982, Einaudi, Torino.
- Promis, C., (1841). *Dell'arte dell'ingegnere e dell'artigliere in Italia dalla sua origine al principio del XVI secolo*, Tip. Ghirio e Mina, Torino.
- Serpieri, A., (1873). *Scritti di Sismologia*, a cura di Giovannozzi, Calasanziana, Firenze.
- Vivenzio, G., (1783). *Istoria e teoria de' tremuoti in generale ed in particolare di quelli della Calabria, e di Messina del MDCCLXXXIII*, Stamperia Regale, Napoli.
- Vitruvio, M.P., (I secolo a.C.). *De Architettura*, a cura di Franca Bossalino e Vilma Nazzi, Kappa, 2002, Roma.

I luoghi Mercalliani: gli studi attraverso l'Italia dal 1876 al 1914

Di Vito M.A., Ricciardi G.P., Alessio G., de Vita S., Nappi R., Uzzo T.
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

Introduzione

Questa nota descrive i diversi luoghi d'Italia attraversati da Giuseppe Mercalli ripercorrendo il percorso scientifico di questo famoso studioso, che, attraverso la meticolosa descrizione dei più disparati fenomeni naturali, era alla continua ricerca della loro spiegazione, classificazione e quantificazione. Questa sua continua ricerca lo portò ad approfondire, tra l'altro, tematiche vulcanologiche e sismologiche e ad inserirsi brillantemente nel dibattito scientifico dell'epoca. Di notevole rilievo furono anche la sua attività come insegnante e la sua produzione scientifica e "didattica". Infatti egli non abbandonò mai l'insegnamento delle Scienze Naturali, che lo portò ad attraversare l'Italia e a dotare i propri allievi di libri di testo di notevole valore e accuratezza [Mercalli, 1883a; Mercalli, 1883b; Mercalli, 1883c; Mercalli, 1883d; Mercalli, 1883e; Mercalli, 1907].

Giuseppe Mercalli nacque a Milano il 20 Maggio del 1850, da Carlo e da Carolina De Simone, artigiani tessili della seta. Terzogenito di cinque figli, iniziò privatamente i suoi studi, proseguendo quelli liceali nel Seminario di Monza per la cultura letteraria e scientifica, e quelli teologici nel Seminario Maggiore di Milano, dove ricevette l'ordinazione sacerdotale il 20 dicembre 1872 (Fig. 1).

Nella Sezione Normale del Politecnico milanese, Mercalli frequentò le lezioni del corso di Scienze Naturali tenute dal geologo abate Antonio Stoppani. Qui ottenne nel 1874 il diploma di insegnante di Scienze Naturali.



Figura 1. Mercalli nel Seminario Maggiore di Milano (Archivio storico Reale Osservatorio Vesuviano).

L'attività di ricerca di Mercalli è relativa al periodo 1880-1913, svolta in diverse città d'Italia, partendo dalla Lombardia, passando per la Calabria, la Sicilia, e la Campania. I primi studi avviati da Mercalli sono relativi alla glaciologia a cui lo aveva avviato Stoppani. Dal 1876 al 1878 pubblicò i suoi primi lavori scientifici sui terreni glaciali di Como e sull'aspetto della Lombardia durante l'ultima

glaciazione. Su incoraggiamento del Geologo lombardo si dedicò da subito all'insegnamento delle Scienze Naturali nel Liceo parificato di Domodossola dei Rosminiani (dal 1885 al 1886) e ai chierici del seminario di Monza. Sempre su consiglio dello stesso Stoppani, scelse il titolo di Abate, cioè sacerdote senza obbligo di uffizi e funzioni (“*senza cura delle anime*”), come invece toccava ai Curati, per meglio dedicarsi ai suoi studi. Insegnò al Real Collegio di Reggio Calabria e successivamente ottenne la libera docenza come professore di geologia e mineralogia all'Università di Catania. Durante l'eruzione del Vesuvio del 1892 si trasferì a Napoli al liceo Vittorio Emanuele II, e nel 1911, divenne Direttore dell'Osservatorio Vesuviano. Morì a Napoli la notte del 19 marzo 1914 in tragiche circostanze. Giuseppe Mercalli fu socio della Società Sismologica di Roma, della Società Geologica Italiana, della Società nazionale per il progresso delle Scienze. A Napoli: Socio dell'Accademia delle Scienze, Lettere ed Arti - Sezione scienze, matematica e fisica; Socio dell'Accademia Pontaniana, del Reale Istituto di Incoraggiamento, Consigliere e Vicepresidente della Sezione di Napoli del Club Alpino Italiano; a Milano, Socio della Società Italiana di Scienze Naturali, del Reale Istituto Lombardo di Scienze e Lettere, delle Accademie di Rovereto, dell'Istituto geologico di Monza, delle Società astronomiche belga, spagnola, francese e statunitense.

1. 1876-1878. Milano e Como

In Lombardia Mercalli si occupò dello studio delle rocce nei dintorni di Como e Milano e delle valli glaciali delle Alpi Lombarde (Fig. 2). Effettuò importanti osservazioni scientifiche sulla paleomorfologia dell'area durante l'ultima glaciazione e ne ricostruì una mappa.

Nel 1878 la casa editrice Francesco Cesare Vallardi decise di pubblicare la collana in tre volumi “Geologia d'Italia”, e di far coordinare i lavori ad Antonio Stoppani. Il gruppo di lavoro era formato da Gaetano Negri, per l'illustrazione geografica e di geologia marina (primo volume), da Antonio Stoppani, per la Geologia continentale (secondo volume), e da Mercalli per il saggio sui vulcani italiani (che avrebbe poi costituito il terzo volume). L'anticipo ricevuto gli permise di visitare e studiare i vulcani italiani fino al 1887, data in cui lasciò Milano.



Figura 2. Valle glaciale alpina con ghiacciaio attivo (Archivio storico Reale Osservatorio Vesuviano).

I risultati dei suoi studi e delle sue osservazioni sono raccolti nel celebre volume “*Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia*” [Mercalli, 1883f]. Il libro si articola in due parti: la prima descrive con testi e tavole le conoscenze e le teorie più moderne acquisite dalla vulcanologia dell'epoca; la seconda riporta in un catalogo trentatré secoli di storia sismica e vulcanica della penisola italiana, e si conclude con alcune idee di Mercalli sul rapporto tra terremoti e vulcani.

2. 1883. Ischia

“...Dopo la catastrofe del 28 luglio mi portai all'isola d'Ischia per studiarvi gli effetti e per raccogliere le notizie genuine di quel disastroso terremoto. A questo scopo mi fermai nell'isola quattro giorni in settembre e 8 giorni in novembre” [Mercalli, 1883f]. Nel 1883, in seguito al terremoto del 28 luglio, Mercalli si recò sull'isola di Ischia a sue spese e raccolse osservazioni e dati riportati in una memoria dal titolo “L'Isola d'Ischia e il terremoto del 28 luglio 1883” (Fig. 3) [Mercalli, 1884]. Nel suo lavoro giunse alla conclusione che la sismicità di Ischia era connessa alla pressione del magma per “eruzioni fallite dell'Epomeo che ancora possiede un focolare non del tutto spento”.

Mercalli, nel volume “*Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia*” [1883f], dedicò una breve nota anche al terremoto di Ischia del 4 marzo 1881, che integrò con una nota del 27 marzo 1881 inviata da Lecco alla Società Italiana di Scienze Naturali (Atti della S.I.S.N., Vol. 24, 1881). Non avendo avuto l'occasione di recarsi sull'Isola durante il terremoto, utilizzò, come fonte di informazione, notizie raccolte dai giornali quotidiani.

Nel volume citato [Mercalli, 1883f], egli pubblicò anche il *Catalogo Generale dei Terremoti Italiani*, nel quale suddivise le scosse sismiche in sei categorie: *leggere, mediocri, forti, fortissime, rovinose, disastrose*.



Figura 3. Mappa geognostico-sismica per lo studio del terremoto d'Ischia del 1883 [Mercalli, 1884].

3. 1887. Liguria e Piemonte

La monografia sul terremoto di Casamicciola del 1883, unitamente all'opera “*Vulcani e fenomeni vulcanici*”, ricevette subito alcuni riconoscimenti, tra cui una medaglia d'oro all'Esposizione Nazionale di Torino del 1884.

Ormai la sua fama superava i confini nazionali e nel 1885 la Reale Accademia dei Lincei chiese al Ministero dell'Istruzione, dell'Agricoltura e dei Lavori Pubblici, di affidare a Mercalli e al professore di

Geologia dell'Ateneo Pavese, Torquato Taramelli, l'incarico di studiare la geologia e l'attività sismica dell'Andalusia, incominciata il 24 dicembre 1884.

Il 23 febbraio 1887 un fortissimo terremoto colpì la Liguria e il Piemonte e causò migliaia di vittime. Ancora una volta Mercalli e Taramelli vennero chiamati dal Ministero per studiare quest'ultima crisi sismica. I due scienziati visitarono i luoghi del disastro e con lo stesso approccio metodologico geologico-sismologico effettuarono studi accurati degli effetti locali del terremoto. Mercalli compilò un catalogo della storia sismica della regione dal 421 a.C. al 1887 e realizzò una cronaca completa del lungo periodo di attività sismica con l'analisi di quasi 200 repliche. Nel corso del lavoro Mercalli intuì l'importanza degli studi geologici per poter effettuare stime di pericolosità sismica. Gli studi effettuati gli consentirono di realizzare una zonazione del territorio in relazione ai danni causati dal terremoto del 23 febbraio 1887. Sulla base di oltre un migliaio di osservazioni e interviste, egli definì le seguenti cinque aree isosismiche, con intensità decrescente all'aumentare della distanza: “*area mesosismica (disastrosa); isosismica rovinosa; fortissima; forte; leggera*” (Fig. 4).

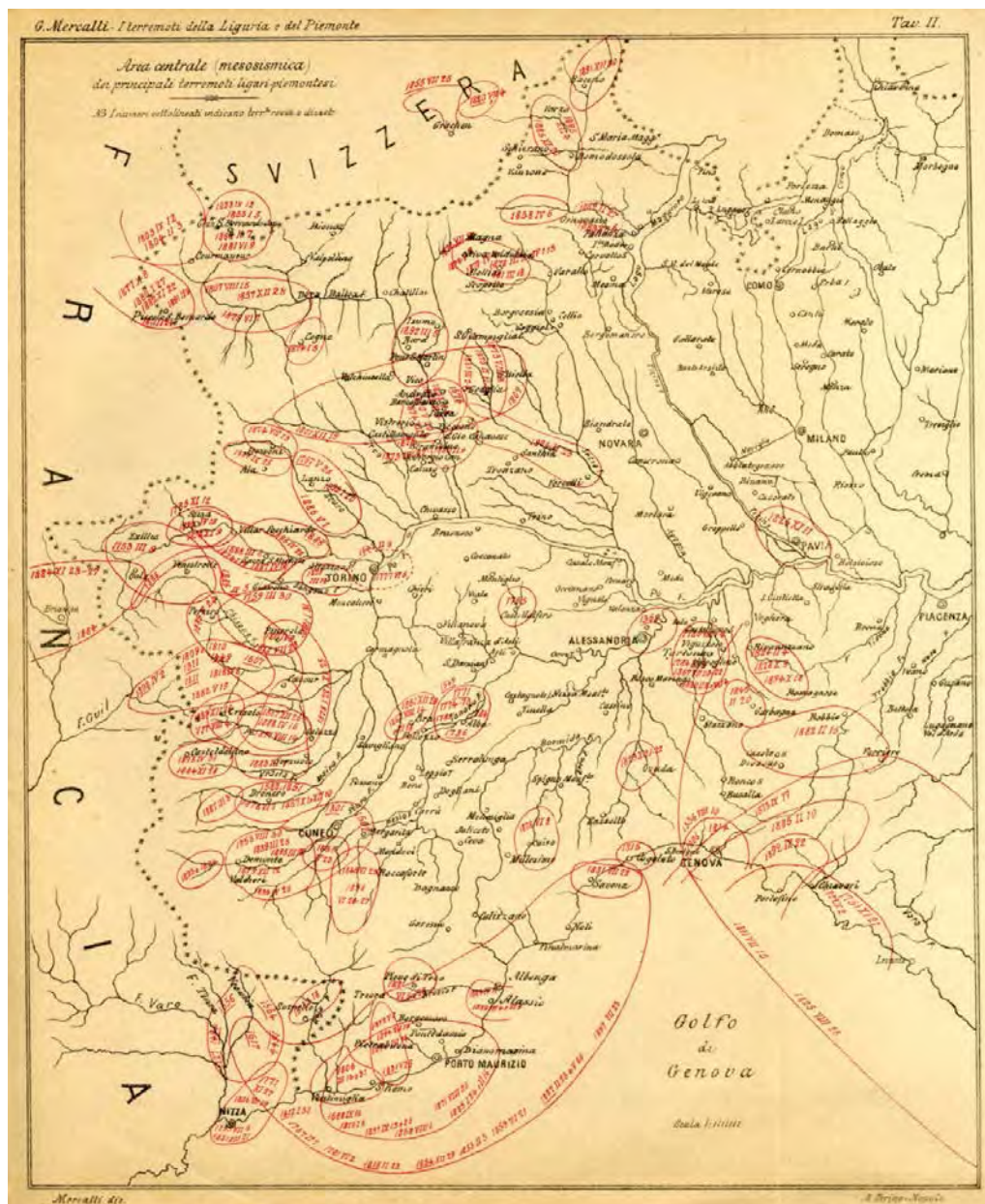


Figura 4. Carta dei terremoti liguri-piemontesi, con l’indicazione di quelli “*rovinosi o disastrosi*” (date sottolineate) [Mercalli, 1888].

4. 1888-1892. Reggio Calabria

Nel 1887 un evento significativo provocò una svolta nella vita scientifica e didattica di Mercalli. L'abate Stoppani, seguace delle teorie liberali di Antonio Rosmini, promosse una sottoscrizione per erigere un monumento in suo onore. L'adesione di Mercalli all'iniziativa gli procurò non poche ostilità in ambito gesuitico, tanto che decise di allontanarsi da Milano. Abbandonò il seminario e partecipò ai concorsi governativi per l'insegnamento nelle scuole statali. Nel 1888 divenne professore reggente di Storia Naturale al Reale Liceo di Acireale. Spinto poi dal desiderio di studiare quella che riteneva sarebbe stata la zona del prossimo grande terremoto italiano, si spostò al liceo Tommaso Campanella di Reggio Calabria, dove rimase fino a 1892, poco prima dell'inizio della violenta crisi sismica che interessò la Calabria dal 1894 [Mercalli, 1897].

4.1 1889. Vulcano

Negli anni della sua docenza in Calabria, su incarico del Ministero dell'Agricoltura e Commercio, studiò l'ultima eruzione dell'isola di Vulcano (dal 3 agosto 1888 al 22 marzo 1890) (Fig. 5). Lo studio fu condotto in collaborazione con Orazio Silvestri, Giulio Grablovitz, direttore dell'Osservatorio geodinamico dell'isola d'Ischia, e Vincenzo Clerici, direttore del Genio Civile di Messina [Mercalli, 1891]. Sempre con lo stesso spirito che caratterizzò i suoi studi, ricostruì il catalogo delle eruzioni storiche di Vulcano, ne individuò i diversi centri eruttivi e riconobbe quello di Vulcanello come il più giovane di tutti.



Figura 5. Eruzione di Vulcano, 28 agosto 1888 [Mercalli, 1891].

4.2 1891. Stromboli

Sempre per incarico del stesso Ministero dell'Agricoltura e Commercio, Mercalli, in collaborazione con Annibale Riccò, studiò l'eruzione di Stromboli iniziata il 24 giugno 1891. Contemporaneamente esercitava anche la libera docenza in Vulcanologia e Sismologia presso l'Università di Catania. I risultati dei suoi studi su Stromboli sono pubblicati nell'articolo "*Sopra il periodo eruttivo dello Stromboli cominciato il 24 giugno 1891*" da cui sono tratti interessanti e innovativi schemi della struttura del vulcano durante l'eruzione (Fig. 6).

5. 1892-1911. Napoli

Il forte interesse per il Vesuvio in eruzione e la sua attività eruttiva, e la volontà di seguire l'eruzione in corso, indussero Mercalli, nel novembre 1892, a trasferirsi al liceo Vittorio Emanuele II di Napoli. Qui rimase in qualità di Professore Reggente fino alla nomina a direttore dell'Osservatorio Vesuviano nel 1911.

Prese alloggio vicino al Liceo, in Via Sapienza 23, in un piccolo appartamento al terzo piano di soli dieci metri quadri, scelto perché dotato di un terrazzo da cui poteva osservare l'attività del Vesuvio anche

con l'ausilio di un cannocchiale. Da qui e con visite periodiche al cratere iniziò a studiare il Vesuvio e ad annotare le sue descrizioni sull'attività del vulcano. I suoi appunti, dal 1892 fino al 1906, furono sistematicamente pubblicati sui Bollettini della Società Sismologica Italiana. Nelle sue escursioni sul Vesuvio Mercalli era solito prendere di buon ora il tram per Portici per poi salire a piedi fin sul cratere. Malladra descrive così le visite di Mercalli al cratere: *“Portava con sé la colazione, o si accontentava di pochissima cosa che trovava in qualche osteria dell'Eremo; passava la notte, occorrendo, sopra una panca della Funicolare, o sulle arene del Gran Cono, e se ne tornava a casa impolverato, o madido di pioggia, recandosi a spalla un vecchio sacco di cuoio, con le preziose spoglie rapite al vulcano. Con gli importanti saggi così poco alla volta raccolti nelle sue passeggiate vulcanologiche, dei quali arricchì non pochi istituti scientifici, e specialmente il Liceo Vittorio Emanuele di Napoli e il Museo Civico di Milano. Tra i campioni che teneva più cari, c'era una piccola bomba del Vesuvio, che gli cadde rovente in tasca, durante il parossismo del 1906, funesto presagio dell'avvenire, gli bruciò il vestito”* [Malladra, 1914].

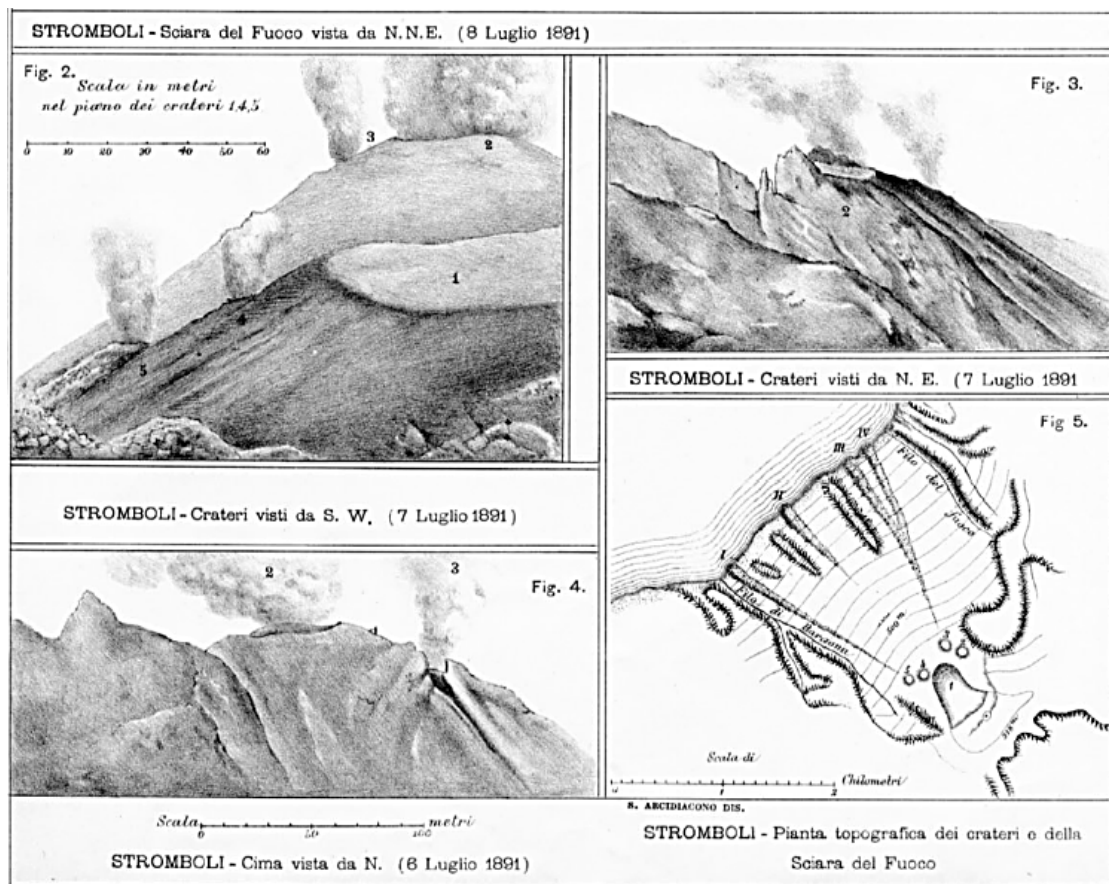


Figura 6. Ricostruzione della posizione delle bocche eruttive a Stromboli attive durante l'eruzione del 1891 [Mercalli, 1892].

Mercalli era stato sul Vesuvio già nel 1878, quando l'attività del vulcano era di debole intensità ed essenzialmente intracraterica. A partire da maggio 1891 cominciò a formarsi il duomo lavico di Colle Margherita, alimentato da lenti efflussi lavici che fuoriuscivano da una frattura alla base occidentale del Gran Cono del Vesuvio. L'emissione di lave durò fino al 1894. La notte del 3 luglio 1895 iniziò una nuova attività effusiva, sempre da fratture alla base occidentale del Gran Cono che determinò l'accrescimento fino al 1899 di una nuova cupola lavica, chiamata Colle Umberto in onore del Re d'Italia Umberto I di Savoia (Fig. 7). La dinamica di accrescimento di Colle Umberto fu oggetto di forte dibattito scientifico con il direttore dell'Osservatorio Vesuviano R.V. Matteucci. Quest'ultimo condivideva la teoria dei crateri di sollevamento di Von Buch, mentre Mercalli riteneva che i vulcani si accrescessero per accumulo progressivo dei prodotti emessi.

Mercalli svolse un'intensa attività didattica ed escursionistica. Ricoprì il ruolo di insegnante di Scienze all'Istituto Suor Orsola Benincasa e quello di Consigliere della sezione di Napoli del Club Alpino Italiano

dal 1895 al 1899, e dal 1908 al 1910, anno in cui venne nominato Vicepresidente del CAI di Napoli. Nella notte di capodanno del 1900 accompagnò in escursione sul cratere del Vesuvio Achille Ratti, futuro Papa Pio XI, e socio della sezione di Milano del CAI, che in occasione del suo primo soggiorno napoletano parla così di Mercalli: “...una delle mie prime visite fu alla sezione di Napoli nella sua simpatica sede di Piazza Dante, facendomi da introduttore il mio antico, amatissimo professore ab. cav. Giuseppe Mercalli, vera illustrazione scientifica del clero e del C.A.I. Non è questo il solo tratto onde egli mi rese più bello il soggiorno di Napoli; devo anzi in gran parte alle sue lezioni quell'amore della natura che mi fa tanto cara ed istruttiva la montagna.” [Palazzo, 1971].

Nel settembre 1902, con Regio Decreto n. 331, il Ministro della Pubblica Istruzione Nunzio Nasi, bandì il concorso per la direzione dell'Osservatorio Vesuviano. Vinse il professor Raffaele Vittorio Matteucci, Coadiutore presso il Museo dell'Istituto geologico dell'Università di Napoli, che ottenne la nomina con R.D. del 30 novembre 1902. Tra i candidati, figurava anche Giuseppe Mercalli che, amareggiato per l'esito, esclamò: “Mai più mi interesserò dell'Osservatorio Vesuviano”.

Nella sua permanenza a Napoli Mercalli si interessò anche dei Campi Flegrei e in particolare dell'attività della Solfatara e del fenomeno bradisismico, che seguì con misurazioni saltuarie all'interno del Serapeo. Mercalli si inserì con competenza nel dibattito scientifico sul fenomeno iniziato da altri ricercatori prima di lui [Niccolini, 1846; Lyell, 1850; Smith, 1847; Suess, 1883] e pur consapevole dei dati scarsamente integrabili fra di loro, concluse che l'abbassamento del suolo presso il Serapeo era continuo e con velocità variabile. Egli evidenziò l'inadeguatezza degli studi sul fenomeno effettuati fino ad allora, e nell'aprile 1904, durante il V Congresso della Società Geologica Italiana, chiese formalmente l'intervento dell'Istituto Geografico Militare (IGM) per l'esecuzione di una livellazione di precisione. Subito dopo, nel 1905, l'IGM realizzò una linea di livellazione lungo la strada costiera tra Napoli Mergellina ed il Serapeo. Due anni dopo si decise di portare la linea fino al faro di Miseno, passando per Arco Felice e Baia. Il confronto tra i dati ottenuti nelle due livellazioni (1907-1905), confermò l'abbassamento del suolo nel centro di Pozzuoli.

Nel 1907 per conto della casa editrice Hoepli diede alle stampe il volume di 442 pagine e 82 incisioni “*I vulcani attivi della Terra*”, una vera enciclopedia di Vulcanologia dove descrisse dettagliatamente le fasi vulcaniche, distinguendole in esplosive, effusive, solfatariche e di riposo. Queste ultime vennero, a loro volta, distinte in fase di quiescenza e di estinzione. In tal modo riuscì a classificare l'attività del Vesuvio sotto uno schema unico, per assegnare ad ogni eruzione storica la giusta dinamica.



Figura 7. Colle Umberto nel 1897. La foto è ripresa dalla terrazza dell'Osservatorio Vesuviano (Archivio storico Reale Osservatorio Vesuviano).

Mercalli avrebbe voluto continuare la pubblicazione delle Notizie Vesuviane anche dopo l'eruzione del 1906 (Fig. 8), ma i terremoti calabresi e lavori più pressanti, gli impedirono di conseguire il suo proposito. Il 28 dicembre 1908, infatti, un tremendo terremoto distrusse Reggio Calabria e Messina. Mercalli studiò con vivo interesse anche questo sisma e, sotto richiesta della Commissione parlamentare, si occupò dei problemi economici causati dal terremoto sulla classe contadina meridionale. Ne seguì la relazione

“*Contributo allo studio del Terremoto calabro-messinese del 28 dicembre 1908*”, pubblicato nel 1909. Fu proprio in seguito al terremoto di Messina del 1908 che Mercalli, sulla base dei danni che personalmente rilevò, estese la sua scala da dieci a undici gradi (catastrofe), introducendo successivamente, nel 1910, anche il grado XII (grande catastrofe).



Figura 8. 1907. Mercalli, al centro, in visita al Vesuvio mentre effettua osservazioni sulla frattura che alimentò l'eruzione del 9 aprile 1906, la più intensa eruzione vesuviana del XX secolo (Archivio storico Reale Osservatorio Vesuviano).

6. 1911-14. Osservatorio Vesuviano

Il 16 luglio 1909 Raffaele Vittorio Matteucci morì di polmonite. La direzione dell'Osservatorio Vesuviano venne temporaneamente affidata al prof. Ciro Chistoni, che mantenne l'incarico fino al febbraio 1911, quando fu nominato direttore il prof. Giuseppe Mercalli (Fig. 9), già noto per i suoi studi sul Vesuvio e sui terremoti. Mercalli fu chiamato a dirigere un Osservatorio completamente in rovina, a seguito dell'eruzione del 1906 e della malattia di Matteucci.

Mercalli aveva in animo una sostanziale riforma dell'Osservatorio sulla base di un ambizioso programma di ricerca vulcanologico in senso stretto e, nello stesso tempo, fisico, chimico, petrografico-mineralogico, storico e geologico. Aveva, inoltre, ben chiara la consapevolezza che la ricerca vulcanologica doveva avere obiettivi sociali, sentendo l'esigenza di informare le popolazioni sul rischio vulcanico e difenderle dalle disastrose conseguenze delle eruzioni.

Da qui l'idea di fondare un grande “*Istituto Vulcanologico Italiano*”, con sede a Napoli, laboratori a Portici e stazione avanzata sul Vesuvio (Osservatorio), come centro degli studi di vulcanologia, da contrapporre all'istituto vulcanologico tedesco Friedlaender, che si stava costruendo a Napoli sulla collina del Vomero, e che ambiva a diventare internazionale.

Mercalli chiamò in suo aiuto il Prof. Malladra, suo ex allievo e insegnante al Liceo-ginnasio di Domodossola. Il restauro dell'Osservatorio fu avviato nel 1906 grazie ai fondi che il Ministero aveva stanziato a seguito dei danni prodotti dall'eruzione vesuviana avvenuta nello stesso anno. Mercalli tuttavia non riuscì a vedere la fine di questo primo lotto di lavori poiché la notte tra il 18 e 19 marzo 1914, dopo soli tre anni di direzione dell'Osservatorio, morì tragicamente nell'incendio del suo alloggio a Napoli. Solo pochi giorni prima, il 13 marzo, aveva ricevuto dal Re d'Italia Vittorio Emanuele III la prestigiosa nomina a Cavaliere della Corona d'Italia.



Figura 9. Mercalli sul Vesuvio nel 1912 durante la sua direzione dell'Osservatorio Vesuviano (Archivio storico Reale Osservatorio Vesuviano).

7. Conclusioni

In questo testo, attraverso i luoghi geografici che hanno visto transitare Giuseppe Mercalli, si sono volute evidenziare la sua attività scientifica e le sue capacità di naturalista eclettico. Con uno straordinario spirito di osservazione e di interpretazione dei fenomeni naturali, inseriti in un contesto storico spazio-temporale, egli ebbe anche una straordinaria capacità di riproporre concetti e “*verità già note*” [Mercalli, 1884] in maniera comprensibile allo studioso a cui il testo era dedicato.

Mercalli ha contribuito allo sviluppo della sismologia e della vulcanologia moderne in Italia, servendosi anche della strumentazione più evoluta e attestando una nuova letteratura scientifica specializzata con più di 150 testi. Gli studi vulcanologici furono dedicati allo Stromboli, a Vulcano ma particolare attenzione fu data al Vesuvio. Tra i maggiori contributi in campo sismologico è stata la definizione della scala delle intensità dei terremoti, che porterà il suo nome, elaborata per differenziare le tipologie di terremoti più intensi, adottata ufficialmente, nel 1900 dall'Ufficio centrale di meteorologia del Regno d'Italia.

Bibliografia

- Lyell, C., (1850). *Principles of Geology*. London, 1850.
- Malladra, A., (1914). *L'attività di Giuseppe Mercalli*. Rassegna Nazionale, fasc.1, Firenze.
- Mercalli, G., (1883a). *Elementi di Geografia Fisica*. Fr. Vallardi, Milano.
- Mercalli, G., (1883b). *Elementi di Mineralogia*, Fr. Vallardi, Milano.
- Mercalli, G., (1883c). *Elementi di Geografia e di Geologia*, Fr. Vallardi, Milano.
- Mercalli, G., (1883d). *Elementi di Botanica generale e tassonomica*, Fr. Vallardi, Milano.
- Mercalli, G., (1883e). *Elementi di Zoologia generale e tassonomica*, Fr. Vallardi, Milano.
- Mercalli, G., (1883f). *Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia*, Fr. Vallardi, Milano.
- Mercalli, G., (1884). *L'isola d'Ischia ed il terremoto del 28 luglio 1883*. Mem. Ist. Lombardo, Scienze Mat. e Nat. XV, pp 99-154.
- Mercalli, G., (1888). *Il Terremoto Ligure del 23 febbraio 1887*. Annali dell'Ufficio Centrale di Meteorologia e Gedinamica. VIII (IV), Roma.

- Mercalli, G., (1891). *Le eruzioni dell'Isola di Vulcano cominciate il 3 agosto 1888 e terminate il 22 marzo 1890*. Annali dell'Ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinamica. Vol. X, Roma.
- Mercalli, G., (1892). *Sopra il periodo eruttivo dello Stromboli cominciato il 24 giugno 1891*. Annali dell'Ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinamica. Vol. XI (II), Parte III, Roma.
- Mercalli, G., (1897). *Terremoti della Calabria meridionale e del Messinese*. Saggio di una monografia sismica regionale. Memorie della Società Italiana delle Scienze, (detta XL). Serie 3. Tomo XI, Tipografia della R. Accademia dei Lincei, Roma.
- Mercalli, G., (1907). *I vulcani attivi della Terra, Morfologia – Dinamismo – Prodotti – Distribuzione geografica – Cause*. Ulrico Hoepli Editore, Milano.
- Niccolini, A., (1846). *Descrizione della Gran Terma Puteolana, volgarmente detta Tempio di Serapide, preceduta da Taluni Cenni Storici per servire alla delucidazione de' Fenomeni Geologici, e de' Problemi Architettonici di quel celebre Monumento e Considerazioni su i laghi Maremmani*. Letta in diverse memorie dal Cav. Antonio Niccolini nella Reale Accademia delle belle arti, ed approvata pel primo volume degli atti nella tornata del dì 2 Aprile 1845. Stamperia Reale Napoli 1846.
- Palazzo, P., (1971). *Club Alpino Italiano Sezione di Napoli 1871-1971*. Napoli.
- Smith, J., (1847). *On recent Depression in the Land*. Quarterly Journal of the Geological Society, 1847, v. 3 (1-2): 234-240, London, February 3, 1847.
- Suess, E., (1883). *Das Antlitz der Erde*. Leipzig. Ed. francese della I ediz. tedesca, trad. di De Margerie E., vol. 2°: 598-638, Paris.

I vulcani attivi dell'area napoletana: Vesuvio, Campi Flegrei e Ischia negli studi di Giuseppe Mercalli

de Vita S., Ricciardi G.P., Di Vito M.A., Marotta E.

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

Premessa

Nel 1878 la casa editrice Francesco Cesare Vallardi intendeva dare alle stampe la collana “*Geologia d'Italia*”. Stoppani fu chiamato a coordinare un gruppo di lavoro costituito da Gaetano Negri, per l'illustrazione geografica e di geologia marina (primo volume), dallo stesso Stoppani, per la Geologia continentale (secondo volume), e da Mercalli per un saggio sui vulcani italiani, che avrebbe costituito il terzo volume.

Fu per tale motivo che, durante le ferie, utilizzando l'anticipo del compenso della Casa editrice, Mercalli cominciò a viaggiare nelle zone vulcaniche italiane. I risultati dei suoi studi e delle sue osservazioni furono inseriti nel celebre volume “*Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia*” (Milano, 1883). Nell'introduzione al volume Mercalli così scrive: “*Siccome maggiormente istruttiva e di più facile intelligenza può riuscire al lettore la storia dei vulcani attuali; da questi, e precisamente dai più studiati, che sono i Campi Flegrei ed il Vesuvio, noi cominceremo la storia del vulcanismo italiano*”.

Introduzione

L'area urbanizzata che include la città di Napoli si estende senza soluzione di continuità, lungo la fascia costiera tirrenica, dal litorale Domizio alla Penisola Sorrentina. Con oltre tre milioni di abitanti, la conurbazione napoletana è la seconda in Italia, dopo Milano, per densità abitativa [SVIMEZ, 1990]. Essa si sviluppa all'interno e ai margini di un territorio dominato da tre vulcani attivi: Il Vesuvio, a est della città di Napoli, e la caldera dei Campi Flegrei e l'isola d'Ischia - che costituiscono il Distretto Vulcanico Flegreo -, a ovest.

Il vulcanismo dell'area campana si è sviluppato in un regime di stress regionale dovuto alla rotazione antioraria della penisola italiana. Quest'ultima è connessa con l'apertura del bacino tirrenico, avvenuta tra il Pliocene e il Quaternario, attraverso l'attivazione di faglie e fratture estensionali e trascorrenti, che hanno determinato lo smembramento del margine occidentale della catena appenninica [D'Argenio et al., 1973]. Faglie dirette ad andamento NW-SE hanno ribassato verso ovest questo margine, mentre faglie da normali a trascorrenti, ad andamento NE-SW, hanno agito da strutture di trasferimento, formando aree depresse trasversali alla catena e permettendo la risalita dei magmi, che hanno alimentato il vulcanismo [Liotta, 1991; Faccenna et al., 1994; Acocella e Funiciello, 2002].

I vulcani attivi dell'area napoletana sono tra i più studiati al mondo e sono stati oggetto degli studi dei più eminenti scienziati, a partire da Plinio il Vecchio, che ne approfondisce più d'un aspetto nella sua *Naturalis Historia*. In questa nota, dopo un excursus sullo stato attuale delle conoscenze sui vulcani napoletani, ci soffermeremo sul contributo che Giuseppe Mercalli ha dato sulla comprensione di vari aspetti, taluni dei quali molto controversi, dell'evoluzione geologica di questi vulcani. Laddove non diversamente indicato, le citazioni tra virgolette sono tratte da Mercalli [1883].

1. I vulcani napoletani: stato attuale delle conoscenze

1.1 Vesuvio

Il complesso vulcanico del Somma-Vesuvio [Di Vito et al., 2013 e bibliografia citata] copre una superficie di circa 200 km² ed ha un'altezza massima di 1281 m s.l.m. Esso è composto da un edificio più antico, il Somma, caratterizzato da una caldera sommitale formata in diverse fasi, ed il più recente Vesuvio, accresciutosi all'interno della caldera. Il complesso vulcanico ha un'età inferiore a 39.000 anni ed ha terminato la prima fase della sua attività, dominata da colate laviche ed esplosioni di bassa energia, circa 22.000 anni fa. Successivamente il vulcano ha generato 4 eruzioni pliniane, precedute da lunghi periodi di

quiescenza, e numerosi eventi esplosivi di minore energia. L'ultimo evento pliniano è l'eruzione del 79 d.C., che ha ancora una volta modificato la caldera del Somma, all'interno della quale si è poi formato il cono recente, con l'alternarsi di periodi di attività stromboliana persistente ed attività effusiva. In epoca storica gli eventi di maggiore energia, sono stati le eruzioni subpliniane di Pollena (472 d.C.) e del 1631. Il Vesuvio è stato caratterizzato da fasi di attività a condotto aperto e fasi a condotto ostruito. Le prime sono state dominate da eruzioni frequenti, esplosive-effusive, di bassa energia. Questo tipo di attività ha caratterizzato il vulcano dal 1631 fino all'ultima eruzione, avvenuta nel 1944. Le fasi a condotto ostruito, come quella attuale, sono caratterizzate dalla totale assenza di attività eruttiva. Durante questi periodi, che nella storia passata hanno avuto durata molto variabile, il sistema magmatico viene rialimentato, e il vulcano può riattivarsi con eruzioni esplosive di elevata energia. L'eruzione del 18 marzo 1944, l'ultima della storia eruttiva del Vesuvio, è durata circa 10 giorni, ha generato colate di lava che hanno parzialmente distrutto gli abitati di Massa di Somma e San Sebastiano al Vesuvio, ed esplosioni che hanno generato depositi di ceneri e lapilli, distribuiti ad est ed a sud del vulcano, con notevoli danni nell'agro nocerino-sarnese.

1.2 Campi Flegrei

I Campi Flegrei sono un campo vulcanico la cui attività è cominciata più di 60.000 anni fa [Orsi et al., 2004]. La loro storia è dominata dalle eruzioni esplosive dell'Ignimbrite Campana (39.000 anni fa) e del Tufo Giallo Napoletano (15.000 anni fa), durante le quali sono stati eruttati enormi volumi di magma. Nel corso dell'eruzione dell'Ignimbrite Campana, la più violenta dell'area mediterranea, sono state generate correnti piroclastiche che hanno sepolto i due terzi della Campania sotto una spessa coltre di tufi. A seguito di tale eruzione, i Campi Flegrei e una parte dell'area oggi occupata dalla città di Napoli, sono sprofondati, generando una caldera che fu invasa dal mare. Nei millenni a seguire l'attività vulcanica si è concentrata nell'area all'interno della caldera, formando centri eruttivi e nuova terra emersa. L'eruzione del Tufo Giallo Napoletano ha devastato un'area di circa 1.000 km² e ha causato lo sprofondamento di una caldera più piccola, contenuta all'interno della prima. Negli ultimi 10.000 anni, la parte centrale di questa caldera è stata interessata da un sollevamento di circa 90 m, per effetto di un fenomeno di risorgenza che ha profondamente condizionato l'attività vulcanica successiva. Questa è proseguita all'interno della caldera con più di 60 eruzioni, prevalentemente esplosive, concentrate in tre epoche principali di intensa attività, separate da lunghi periodi di quiescenza. L'ultima eruzione è avvenuta nel 1538, dopo un periodo di stasi durato più di 3.000 anni, ed ha generato il cono di tufo del Monte Nuovo. L'eruzione è stata preceduta da vistosi fenomeni precursori, è durata una settimana ed è stata dominata da esplosioni freatomagmatiche, con formazione di correnti piroclastiche e depositi da caduta. Attualmente l'area flegrea è sede di attività fumarolica, di attività sismica e del noto fenomeno del bradisismo, che è oggi interpretato come parte del più generale fenomeno della risorgenza, con il periodico lento sollevamento e abbassamento del suolo.

1.3 Ischia

Ischia [de Vita et al., 2010 e bibliografia citata] è la cima di un apparato vulcanico che si innalza per più di 1.000 m dal fondo del mare, nella parte nord-occidentale del Golfo di Napoli. L'isola copre un'area di circa 46 km² e raggiunge un'altezza massima di 787 m s.l.m., in corrispondenza del M. Epomeo. Ischia è costituita quasi interamente da rocce vulcaniche in gran parte smembrate dai processi erosionali e risedimentate in ambiente marino. Depositati marini si rinvengono sulla cima del M. Epomeo, a testimoniare i vistosi fenomeni di sollevamento che hanno interessato l'isola. Le rocce vulcaniche presenti sull'isola sono il prodotto di eruzioni sia effusive, che hanno formato colate e duomi di lava, sia esplosive, che hanno generato estese coltri di cenere e lapilli. L'attività vulcanica a Ischia è cominciata più di 150.000 anni fa ed è proseguita, in alternanza con lunghi periodi di quiescenza, fino al 1302, con l'ultima eruzione, che ha formato la colata lavica dell'Arso. Circa 55.000 anni fa la violenta eruzione esplosiva del Tufo Verde del M. Epomeo è stata responsabile della formazione di una caldera che occupava la zona dove, attualmente, si trova la parte centrale dell'isola. A partire da almeno 30.000 anni fa si è instaurato un processo di sollevamento del fondo della caldera. Questo fenomeno, detto di risorgenza, è cominciato a seguito dell'intrusione di nuovo magma nel sistema, e ha causato il sollevamento del blocco centrale dell'isola di almeno 900 m. Il fenomeno della risorgenza ha fortemente condizionato l'attività vulcanica, determinando le condizioni per la risalita dei magmi solo nel settore orientale dell'isola e lungo sistemi di faglie regionali preesistenti. Il vulcanismo in epoca storica è stato particolarmente intenso, con oltre 46 eruzioni effusive ed esplosive concentrate principalmente negli ultimi 3.000 anni. Dall'ultima eruzione il sistema vulcanico dell'isola ha continuato a manifestare la sua attività attraverso un'intensa sismicità, culminata nel disastroso terremoto di Casamicciola del 1883, e una diffusa attività fumarolica e idrotermale.

2. I vulcani napoletani negli studi di Mercalli

2.1 Mercalli e il Vesuvio

Mercalli, sentendo forte il richiamo del Vesuvio e della sua secolare storia e attività, nel novembre del 1892 ottenne il trasferimento al liceo Vittorio Emanuele II di Napoli in qualità di Professore Reggente. Abbandonò quindi Reggio Calabria, pochi anni prima della violenta crisi sismica che interessò la Calabria a cominciare dal 1894.

A Napoli alloggiò vicino al Liceo, in Via Sapienza 23, in un piccolo appartamento al terzo piano, di soli dieci metri quadri, scelto perché dotato di un terrazzo da cui poteva osservare, con l'aiuto di un cannocchiale, l'attività vesuviana. Fin dal suo arrivo a Napoli Mercalli cominciò a seguire l'attività del Vesuvio, recandosi periodicamente sul cratere a proprie spese e pubblicando i suoi appunti sul Bollettino della Società Sismologica Italiana, dal 1892 fino al 1906. In quel periodo lenti efflussi lavici fuoriuscivano da fratture alla base del Gran Cono e determinavano l'accrescimento di Colle Margherita (1891-94) e Colle Umberto (1895-99), così chiamati in omaggio ai regnanti d'Italia.

Nel 1904 Mercalli scrisse l'articolo: "Intorno alla successione dei fenomeni eruttivi del Vesuvio". In questo lavoro con un'attenta analisi e sintesi della storia eruttiva del Vesuvio stabilì un ordine nella terminologia, classificazione e schematizzazione dell'attività del vulcano nel tempo.

Mercalli distinse due periodi vesuviani, separati dal grande parossismo del 1631, molto diversi tra loro: un ciclo, che chiamò Pliniano, dal 79 al 1631, caratterizzato da poche eruzioni violentissime, prevalentemente esplosive e precedute da lunghi periodi di riposo; un periodo post 1631, caratterizzato da un'attività quasi continua, in generale moderata a volte esplosiva. Le eruzioni di questo ciclo furono classificate da Mercalli in tre categorie: stromboliane, vulcaniane e miste, con diversi gradi di intensità da debole a fortissimo. L'attività complessiva, durante questo ciclo, è caratterizzata da frequenti efflussi lavici, sequenze di esplosioni, a volte parossistiche, e periodi di riposo.

Mercalli, in pratica, precisò meglio il concetto di periodo eruttivo e di riposo, già introdotto da Luigi Palmieri [Palmieri, 1880] e ne descrisse le relative caratteristiche.

Nel suo lavoro Mercalli classificò anche la tipologia eruttiva delle eruzioni parossistiche individuando tre tipi di attività con modalità e caratteri eruttivi comuni alla maggior parte delle manifestazioni vulcaniche vesuviane: il tipo 1760 o tipo etneo, con effusioni laviche eccentriche; il tipo 1872, più frequente, che rappresenta una categoria di eruzioni laterale con efflusso lavico molto rapido e periodo di riposo successivo di qualche anno; il tipo 1895, che caratterizza le eruzioni con lave ad efflusso lento e prolungato, con scarsa mobilità.

Mercalli elencò, escludendo l'attività prevalentemente esplosiva ed effusiva intracraterica post 1631, tredici periodi eruttivi ed altrettanti periodi di riposo (Fig. 1).

Il XIII periodo iniziato nel 1875 si sarebbe poi concluso con l'eruzione, tipo 1872, del 4 aprile 1906.

Dal mese di febbraio del 1911 Mercalli, in qualità di direttore dell'Osservatorio Vesuviano, con il suo aiuto Alessandro Malladra, si recava quasi giornalmente sul cratere vesuviano, per misurare le temperature e i gas delle fumarole (Fig. 2).

Nel marzo 1913, allo scopo di smentire alcuni articoli allarmistici sulla stampa (Mattino, 25 marzo 1913), Mercalli scrisse un articolo-comunicato sullo stato di riposo del Vesuvio:

"Dopo la grande eruzione dell'aprile 1906, il Vesuvio non presentò più, fino al presente, né efflussi lavici, né esplosioni, ossia restò allo stato di solfatara più o meno attiva. Questo riposo, che ormai dura da sei anni e 10 mesi, non reca alcuna meraviglia; poiché sappiamo che il Vesuvio, dal 1700 ad oggi, presentò nove eruzioni laterali, tipo 1872 e tre eruzioni eccentriche, tipo 1760 e tutte furono precedute da periodi di attività più o meno prolungati, e seguite da riposi completi, della durata di 2 a 7 anni.

E siccome pare che si verifichi una certa proporzionalità tra l'importanza (durata e intensità) di questi periodi eruttivi e i riposi, da cui sono seguiti, viene naturale che il riposo attuale sia uno dei più prolungati; perché il periodo eruttivo, che precede l'eruzione del 1906, fu precisamente il più lungo (30 anni di durata) di tutti i periodi eruttivi simili, posteriori al 1631" [Mercalli, 1913].

Mercalli conclude l'articolo formulando una indovinata previsione:

"Viene naturale una domanda, che mi venne fatta più volte, cioè: se il Vesuvio si trovi attualmente in uno di quei riposi secolari, che si verificarono nel nostro vulcano tra il 79 e il 1631: alla quale domanda mi pare di potere rispondere negativamente; poiché non mancano

molteplici indizi di una non lontana ripresa di attività. Tali indizi sono: 1° la persistenza di fumarole tanto numerose sia nell'interno che all'esterno del cratere, e la temperatura molto elevata (circa 300° C) di talune di esse; 2° le scosse di terremoto locali, di cui ho parlato più sopra; 3° i boati sotterranei sentiti nelle vicinanze del cratere; 4° l'acido cloridrico persistente nelle fumarole a più alta temperatura; 5° gli sprofondamenti avvenuti recentemente nel fondo craterico (marzo e novembre 1911 e 21 gennaio 1912" [Mercalli, 1913].

Periodi vesuvian: durata	Attività quasi continua esplosiva o effusiva	Eruzioni " tipo 1872 " , o " tipo 1760 " ,	Riposi durata
I. 25 anni	1712-1737	1737 mag. 19-31	7 anni circa
II. 16 anni	nov. 1744-1760	1760 die. 23 - 1761 marzo	quasi 3 anni
III. 4 anni	1764-1767	1767 ott. 15-27	2 anni
IV. 9 anni	1770 febb. - 1779	1779 agosto 3-15	3 anni circa
V. 12 anni	1783 agos. - 1794	1794 giu. 15-lug. 5	4 anni?
VI. 23 anni	1799 - 1822	1822 ott. 22-nov.	4 anni
VII. 12 anni	1827 - 1838	1839 gennaio 1-4	2 anni e 7 mesi
VIII. 10 anni	1841 sett. - 1850	1850 febb. 5-15	4 anni circa
IX. 6 mesi	1854 dic.-1855 apr.	1855 maggio 1-27	6 mesi
X. 6 anni	1855 dic.-1861 set.	1861 die. 8-10	2 anni circa
XI. 5 anni	1864 feb.-1868 ott.	1868 nov. 15-25	2 anni circa
XII. 17 mesi	1870 die.-1872 apr.	1872 apr. 26-30	3 anni e 7 mesi
XIII. ?	1875 dic. -		

Figura 1. Tabella dei periodi eruttivi e di riposo del Vesuvio [Mercalli, 1905].

Le parole di Mercalli di lì a poco sarebbero state confermate, infatti la notte del 9 maggio 1913 si aprì il XIV ciclo eruttivo del Vesuvio che si sarebbe poi concluso con l'eruzione del marzo 1944 e il successivo riposo che perdura a tutt'oggi.



Figura 2. Ottobre 1913. Alessandro Malladra sul bordo del cratere del Vesuvio (Foto di G. Mercalli, Archivio storico Reale Osservatorio Vesuviano).

2.2 Mercalli e i Campi Flegrei

Mercalli, nell'avvicinarsi allo studio dei vulcani dei Campi Flegrei, osserva come questi siano costituiti prevalentemente da materiale piroclastico (*materie frammentarie, tufi*), rispetto alle poche lave eruttate. Il tufo della regione flegrea infatti, non solo costituisce da solo quasi interamente le pareti dei con vulcanici, ma ne caratterizza la struttura geologica fino a centinaia di metri nel sottosuolo. Quest'ultima osservazione è maturata dal Mercalli nel constatare che nel pozzo artesiano fatto nell'anno 1844 nel palazzo reale di Napoli, si trovò che il *tufo giallo* continuava fino a metri 78,57 sotto il livello del mare. Egli conclude che: *“Se tale andamento si ripete, com'è probabile, in altri punti dei dintorni della città, si può concludere, che, quando il suolo di Napoli si trovava ancor sotto le acque dell'antico golfo pliocenico, già in questo ardevano i fuochi di vulcani sottomarini”*.

Nei Campi Flegrei, dunque, secondo Mercalli ci fu *“un'epoca o periodo eruttivo sottomarino, nel quale si formarono i tufi, che ancora attualmente si trovano sotto il livello del mare, e parte del tufo, in generale giallo, che si trova anche fino a qualche centinaio di piedi sopra di quello”*.

Questo periodo, conclude, cominciò verso la fine del Pliocene, ma fu tuttavia col principio dell'era *neozoica o continentale* che i vulcani colmarono coi loro detriti buona parte dell'antico golfo napoletano.

Egli osserva che l'attività effusiva nei Campi Flegrei è molto scarsa: *“Le lave, infatti, non sono visibili che in poche località: in Astroni, alla Solfatara, nel monte Spina, Procida, Soccavo e Pianura, e sono tutte caratterizzate dalla presenza di cristalli più o meno voluminosi, ma sempre visibili di feldspato vitreo”*. Di questa roccia Mercalli ne descrive tre varietà principali: la *trachite sanidinica ordinaria* a grossi cristalli di feldspato vitreo, la *trachite sodalitica* e la *trachite pipernoide*.

Essendo di composizione trachitica le lave, conclude Mercalli, *“tali sono anche tutti i tufi dei Campi flegrei, poiché la cenere ed i lapilli, che essenzialmente li costituiscono, non sono che frantumi di esse, infatti, il tufo più diffuso ed abbondante di tutti i Campi flegrei è un tufo trachitico di color giallognolo, ora sciolto, ora più o meno compatto”*.

La composizione trachitica dei tufi flegrei serve a distinguerli facilmente da quelli eruttati dagli altri vulcani della Campania: poiché tanto Roccamonfina che il Vesuvio formarono coi loro detriti tufi sempre contenenti pezzi Leucitofori o cristalli liberi di *Leucite*, i quali invece mancano in generale nei prodotti vulcanici della Regione flegrea. Questa, secondo Mercalli, è una caratteristica che contraddistingue la provenienza dei tufi flegrei, anche nelle province napoletane più lontane.

Secondo Mercalli non tutti i tufi flegrei sono sottomarini. Infatti l'assenza di fossili e la compattezza dei prodotti tufacei delle eruzioni di Monte Barbaro, Astroni, Cigliano, ecc., fanno pensare, che gran parte della loro deposizione sia avvenuta non più sott'acqua, ma dopo che un sollevamento ebbe portato parte del tufo giallo in superficie. Mercalli definisce questo *periodo terrestre* dei vulcani flegrei, che ancora attualmente continua, nel quale si formarono con i tufi gialli e grigi in ambiente subaereo i crateri che ancora oggi osserviamo.

Sembra però, che anche durante quest'ultima *fase terrestre* della storia geologica della regione flegrea, porzioni notevoli di questa rimanessero per lungo tempo sott'acqua, come è evidente nel terrazzo marino della Starza, e che solo per sollevamenti ed eruzioni, si sarebbero avute parziali emersioni, avvenute, secondo Mercalli, anche in tempi geologici recenti. Un esempio di questi sollevamenti è il cosiddetto tempio di Serapide, al cui riguardo l'opinione di Mercalli è alquanto controcorrente. Egli dice: *“Siccome non si può supporre, che sia stato il Tirreno, il quale, alzando ed abbassando il proprio livello, abbia successivamente lasciato in secco quel tempio, poiché in tale ipotesi il fenomeno si sarebbe ripetuto su tutte le coste del Mediterraneo almeno, cosa, che punto non si verificò; così bisogna ammettere, che fu il suolo su cui s'innalza quell'antico tempio quello, che si abbassò due volte sotto l'acque del vicino golfo”*.

Secondo Mercalli, l'abbassamento sarebbe avvenuto lentamente, e poi perdurato per un tempo abbastanza lungo, come attestato dai depositi che si formarono nelle prime fasi di subsidenza, e il grande numero di fori scavati dai litodomi nel marmo cipollino delle colonne del Serapeo (Fig. 3).

Inoltre egli osserva: *“L'antico Molo di Pozzuoli, detto ponte di Caligola in parte sommerso, una strada romana vicino al castello di Baia e il tempio delle Ninfe sotto il livello del mare, parmi naturale supporre, che anche questi antichi monumenti abbiano subito col Serapeo una doppia oscillazione: prima un abbassamento di 9 o 10 metri sotto il loro livello primitivo, poi un sollevamento di 5 o 6 metri; e quindi rimasero ancora in parte sommersi”*.

Mercalli inoltre si sofferma a studiare con molta attenzione l'eruzione di Monte Nuovo, insistendo sulla sua formazione, con l'obiettivo di confutare i fautori della Teoria dei Crateri di sollevamento che volevano con essa spiegare anche la formazione dei con vulcanici della regione flegrea. Il Monte Nuovo,

infatti, secondo l'ipotesi del geologo Leopold von Buch non era un vulcano formatosi dall'accumulo dei prodotti da esso eruttati, ma invece un *cratere di sollevamento* poi trasformatosi in cratere d'eruzione.



Figura 3. Pozzuoli nel 1890, con il Serapeo, in primo piano, e il cosiddetto Ponte di Caligola, semisommerso (Foto G. Sommer, Archivio storico Reale Osservatorio Vesuviano).

L'argomento, secondo Mercalli, che basterebbe a dimostrare inammissibile la supposizione di von Buch, era che ai piedi di Monte Nuovo esistevano ancora il Tempio di Apollo a nord e quello delle Ninfe a sud i quali presentavano le loro colonne, ed il primo anche le mura, perfettamente verticali. Inoltre, l'Antro della Sibilla, che si trova vicino al lago d'Averno, conservava ancora esattamente orizzontale il lungo tetto della sua galleria. *“Ora, come sarebbero possibili tali fatti se il suolo in vicinanza a quelli edifici fosse stato portato repentinamente ad un'altezza di oltre quattrocento piedi?”*

Monte Nuovo, l'attività della Solfatara, le fumarole sparse per tutto il suolo flegreo, tutto indica per Mercalli che *“Il fuoco vulcanico arde ancora e che, come alla Solfatara la vulcanica attività, sopita, ma non estinta, si trova in quella fase di semplice emanazione, che i geologi chiamano solfatarica, prendendo questo stesso, tanto celebre e noto vulcano, per tipo”*.

2.3 Formazione dell'Isola d'Ischia secondo Mercalli

Mercalli si occupò dell'isola d'Ischia essenzialmente per studiare gli effetti e le cause dei terremoti del 1881 e del 1883, formulando anche alcune interessanti ipotesi circa la formazione e la natura dell'isola.

“La maggior parte dell'Epomeo è di origine sottomarina, e le sue prime eruzioni avvennero in epoca pliocenica, o all'inizio dell'epoca quaternaria, ad una profondità di circa mezzo chilometro.

Quelle prime eruzioni, accompagnate da fortissimi terremoti, dovettero essere straordinariamente violente, per costruire un cono vulcanico a questa profondità.”

Il sollevamento dell'Epomeo, secondo Mercalli, avvenne in epoca preistorica in due riprese, poiché a 40 metri circa sul livello del mare, sul monte Imperatore e presso Lacco, si trovano conchiglie marine frammiste a brecce e ghiaie trachitiche. Il primo sollevamento di 400 metri circa, sarebbe stato molto rapido, poiché non si osservano né depositi litorali, né terrazzamenti, che accennino a soste o a lenti movimenti. Successivamente il sollevamento si sarebbe arrestato per un lungo periodo, durante il quale si formarono depositi di spiaggia.

Mercalli, inoltre, sosteneva che anche se l'Epomeo non manifestava attività eruttiva dal 1302, questo lungo periodo di riposo non autorizzava a porlo tra i vulcani spenti.

Secondo Mercalli il miglior precursore di una eventuale ripresa dell'attività vulcanica resta comunque l'attività fumarolica e la sua composizione chimica, infatti queste hanno un contenuto prevalente di acido carbonico, mentre in passato contenevano anche gli acidi dello zolfo, come egli poté osservare in numerose incrostazioni in vicinanza di alcune fumarole in quel momento a solo vapor acqueo.

Riguardo allo studio del magmatismo regionale, Mercalli confrontando i vari prodotti eruttivi nota una chiara diversità tra i prodotti del Somma-Vesuvio e quelli ischitani. Questo fatto lo portò ad escludere una diretta comunicazione tra le due camere magmatiche. Lo stesso discorso vale anche confrontando le lave ischitane con quelle del Roccamonfina, del Vulture, e dei vulcani siciliani. Fanno eccezione i Campi Flegrei, le cui lave più antiche hanno una notevole somiglianza con quelle di Ischia.

L'isola attirò l'attenzione di Mercalli quando, il 4 Marzo 1881 alle ore 13.00 circa, fu colpita da un forte terremoto che causò il crollo di numerose case sulla collina di Majo a Casamicciola, provocando 126 morti e numerosi feriti.

Mercalli, pochi giorni dopo, da Monza dove insegnava, pubblicò l'articolo: I terremoti dell'isola d'Ischia [Mercalli, 1881]. Pur non recandosi sull'Isola, in questa prima monografia troviamo già espresso l'approccio metodologico di analisi geologica e storica che caratterizzerà tutto il percorso scientifico mercalliano. Mercalli sosteneva, infatti, che per ben studiare un terremoto fosse indispensabile conoscere la geologia e la storia sismica dei luoghi colpiti: *“così come ad un medico, per fare la diagnosi d'una malattia, torna assai utile il conoscere la costituzione fisica o le crisi patologiche subite precedentemente dal suo paziente”* [Mercalli, 1884].

Secondo Mercalli questi terremoti d'Ischia, di cui pubblica nella relazione un elenco a cominciare dal 1228, sono da classificarsi tra i *“terremoti vulcanici propriamente detti”*, in disaccordo con il direttore dell'Osservatorio Vesuviano Luigi Palmieri, che in una lettera pubblicata nei giornali di Napoli del 7 marzo, ritiene il sisma causato da sprofondamenti sotterranei accidentali, determinati dalla forza erosiva delle acque termominerali.

Mercalli rigettò anche l'idea del sismologo Stefano De Rossi, che nella sua relazione mostrava l'opinione che l'Epomeo fosse un cono vulcanico circondato da un cratere sottomarino più ampio e più antico, come il Vesuvio è circondato dal Somma. Secondo il sismologo la parte alta di Casamicciola si trova precisamente sul labbro di questo supposto cratere-recinto. Egli poi indica due altri punti, dove tale cratere sarebbe ancora manifesto nei dintorni di Barano e di Serrara.

L'opinione di Mercalli era ben più articolata a cominciare dalla formazione dell'Isola stessa. Concludendo questa prima relazione, Mercalli, però, manifestò una profetica preoccupazione:

“Allarmante invece è il risveglio dell'attività sismica nel secolo attuale. Poiché, come si vede nel Quadro, dal 1302 al 1812 non trovai registrato nessun terremoto. E sebbene possa essere che di alcune leggiere scosse non si sia tenuto nota; è certo che violenti e disastrose non ne avvennero. Invece dopo il 1812 contiamo già in Ischia più di 15 terremoti, due dei quali disastrosi e vari altri molto forti”. [Mercalli, 1881].

Due anni dopo, il 28 luglio 1883, Ischia fu colpita da un violentissimo terremoto che causò 2.313 vittime e il crollo della maggior parte delle abitazioni (Fig. 4). Dopo la catastrofe Mercalli si recò a proprie spese sull'isola d'Ischia: *“Per studiarvi gli effetti o per raccogliere le notizie genuine di quel disastroso terremoto. A questo scopo mi fermai nell' isola quattro giorni in settembre e otto giorni in novembre. Le notizie quindi e le osservazioni che riferisco in questa Memoria sono quasi tutte prese da me stesso sul luogo”.* [Mercalli, 1884].

Mercalli riunì le sue osservazioni in una memoria, pubblicata dall' Istituto Lombardo di Scienze e Lettere, che fu ritenuta la più completa ed esauriente di tutte le pubblicazioni sullo stesso argomento e che segnò l'ingresso del professore Mercalli nel mondo della Sismologia di terreno. Le conclusioni cui arrivò Mercalli furono che entrambi i terremoti del 1881 e 1883 fossero collegati ad *“un'eruzione abortita dell'Epomeo con un focolare non del tutto spento”* [Mercalli, 1884].

Conclusioni

Mercalli, nelle sue osservazioni sui vulcani napoletani, individua perfettamente la complessità della loro storia, comprendendone la ciclicità, ne classifica i tipi di eruzioni e cerca di ricostruire il loro comportamento. Specialmente nel caso del Vesuvio, all'epoca di Mercalli in attività continua fino al 1906,

partendo dall'osservazione diretta di alcune eruzioni, egli riesce a generalizzarne le caratteristiche e si inserisce proficuamente nel dibattito scientifico internazionale sulla natura dei fenomeni vulcanici e sull'accrescimento dei vulcani. L'eruzione del 1906, in particolare, gli fornisce la possibilità di classificare i fenomeni eruttivi, associando loro una scala di intensità. Le sue osservazioni sono sempre sistematiche e ben documentate, anche attraverso una lettura critica della bibliografia esistente. Sicuramente questo approccio ha contribuito a dare una svolta in chiave moderna allo studio dei fenomeni vulcanici che, in Italia, si sarebbe sviluppato in maniera diffusa solo alcuni anni dopo. Sono interessanti le sue osservazioni sul vulcanismo dei Campi Flegrei, egli infatti correttamente segnala la differenza sostanziale tra questo vulcano, caratterizzato quasi esclusivamente da attività esplosiva, rispetto al Vesuvio o a Ischia, in cui c'è un rapporto grosso modo equivalente tra lave e piroclastiti. La sua teoria sulla genesi dei tufi dei Campi Flegrei, per i quali ipotizza un'origine prevalentemente sottomarina, dovette aspettare alcune decine di anni prima di essere superata. Nei Campi Flegrei, inoltre, la sua attenzione si focalizza sul Serapeo, sulla Starza e sulla Solfatara, le aree in cui era più evidente la dinamica della caldera. Anche in questo caso le deduzioni di Mercalli si sono rivelate esatte alla luce dei più moderni studi basati sull'uso di sofisticate tecniche e strumentazioni. Infine, le sue ipotesi sulla dinamica dell'isola d'Ischia e delle sue relazioni tra terremoti e vulcanismo, al di là dei limiti delle conoscenze dell'epoca, sono un'ulteriore prova della capacità dello scienziato, milanese di nascita ma napoletano di elezione, di elaborare modelli di evoluzione dei vulcani, nei quali tutti i fenomeni venivano inquadrati in una dinamica generale, in cui la conoscenza della natura geologica dei luoghi assumeva un ruolo di primaria importanza ai fini della comprensione del comportamento di ogni singolo vulcano.



Figura 4. Casamicciola (Ischia) dopo il terremoto del 1883 (Foto A. Mauri, Archivio storico Reale Osservatorio Vesuviano).

Bibliografia

- Acocella, V., Funiciello, R., (2002). *Transverse structures and volcanic activity along the Tyrrhenian margin of central Italy*. Boll. Soc. Geol. It., Sp. 1, 739–747.
- D'Argenio, B., Pescatore, T., Scandone, P., (1973). *Schema geologico dell'Appennino meridionale (Campania e Lucania)*. Atti Conv. Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino. Roma. Acc. Naz. Lincei, q.183.
- de Vita, S., Sansivero, F., Orsi, G., Marotta, E., Piochi, M., (2010). *Volcanological and structural evolution of the Ischia resurgent caldera (Italy) over the past 10 ka*. In: Groppelli G. and Viereck L. (Eds.) "Stratigraphy and geology in volcanic areas", GSA Book series, Special paper n. 464: 193-239.

- Di Vito, M.A., de Vita, S., Piochi, M., (2013). *Il Somma-Vesuvio: storia eruttiva e impatto delle sue eruzioni sul territorio*. In: Di Vito M.A., de Vita S. (Eds.), 2013 “Compendio delle lezioni Scuola Estiva AIQUA 2013”. Miscellanea INGV, 18: 14-21.
- Faccenna, C., Funiciello, R., Bruni, A., Mattei, M., Cagnotti, L., (1994). *Evolution of a transfer related basin: the Ardea basin (Latium, Central Italy)*. Basin Res. 6, 35–46.
- Liotta, D., (1991). *The Arbia-Val Marecchia line, Northern Apennines*. Eclogae Geol. Helv. 84 (2), 413–430.
- Mercalli, G., (1881). *I terremoti dell'isola d'Ischia*. Atti Soc. It. Sc.Nat., 29, 20-37.
- Mercalli, G., (1883). *Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia*. F. Vallardi (Ed.), Milano.
- Mercalli, G., (1884). *L'isola d'Ischia ed il terremoto del 28 luglio 1883*. Mem. Ist. Lombardo, Scienze Mat. e Nat. 15, 99-154.
- Mercalli, G., (1905). *Intorno alla successione dei fenomeni eruttivi al Vesuvio*. Atti del V Congresso Geogr. Ital. In Napoli, 2, 13 pp.
- Mercalli, G., (1913). *Il riposo attuale del Vesuvio*, Rend. Della R. Acc. Sc. Fis. Mat., Napoli, adunanza del 3 aprile.
- Palmieri, L., (1880). *Il Vesuvio e la sua storia*, Tip. Faverio, Milano.
- Orsi, G., Di Vito, M.A., Isaia, R., (2004). *Volcanic hazard assessment at the restless Campi Flegrei caldera*. Bull. Volcanol., 66, 514-530.
- SVIMEZ, (1990). Rapporto 1990 sull'economia del Mezzogiorno. Bologna.

Vulcano: l'eruzione del 1888-1890 negli studi di Giuseppe Mercalli

Siniscalchi V., Nave R.

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

Introduzione

L'isola di Vulcano, che s'innalza per più di 600 metri da una profondità di più di 1000 metri, è costituita da numerosi centri vulcanici tra cui due attivi, La Fossa e Vulcanello, che sono stati in eruzione in tempi storici.

La sua complessa morfologia è dovuta alla sovrapposizione di diverse strutture vulcaniche generatesi dall'alternarsi di fasi costruttive, con attività effusiva o esplosiva a bassa energia, e fasi distruttive caratterizzate da violente eruzioni esplosive. L'attività magmatica subaerea è iniziata più di 100.000 anni fa, alternando fasi di emissione magmatica a collassi vulcano-tettonici. L'attività più antica è stata caratterizzata dall'emissione di colate laviche e scorie e dalla formazione di un vasto apparato centrale, poi ripetutamente interessato da collassi, fino alla formazione della Caldera del Piano. Successivamente, nell'area calderica si sono messi in posto numerosi coni di scorie. Circa 15.000 anni fa, con il collasso dell'apparato centrale, si è avuta la formazione della Caldera della Fossa all'interno della quale, circa 5.500 anni fa, si è formato il tozzo cono de La Fossa, alto 391 metri.

Questo vulcano ha avuto numerose eruzioni in tempi storici, dal V secolo a.C. al 1888-1890, data dell'ultima eruzione. L'attività de La Fossa è stata suddivisa in vari cicli eruttivi, tutti caratterizzati da un'attività iniziale fortemente esplosiva e da emissione di lava molto viscosa alla fine del ciclo. L'ultima eruzione (1888-1890), di cui Mercalli fu testimone, durò quasi due anni e fu caratterizzata da un'attività esplosiva di energia moderata, con lanci di blocchi di roccia e grossi frammenti di lava viscosa, le cosiddette bombe a crosta di pane. Questo tipo di attività eruttiva fu definita, proprio da Mercalli, "*vulcaniana*". Dal 1890 il cratere de La Fossa presenta un'intensa attività fumarolica, con temperature di circa 500° C.

Il più recente degli apparati vulcanici attivi è quello di Vulcanello, formatosi come una piccola isola probabilmente nel 183 a.C. e successivamente collegato a Vulcano da un istmo sabbioso. È formato da tre o quattro centri d'emissione allineati che hanno avuto debole attività effusiva ed esplosiva freatomagmatica. Alle prime fasi di attività di Vulcanello si fa risalire anche la formazione del Faraglione di Vulcano Porto, un blocco di lave e piroclastiti completamente fumarolizzato. L'ultima eruzione è avvenuta nel XVI secolo d.C.

Nell'area de La Fossa tra il 1985 ed il 1994 si registrò un significativo aumento dell'attività fumarolica e delle temperature dei gas, che raggiunsero i 700° C, unito ad una maggiore sismicità e deformazione del suolo, che fecero pensare ad una ripresa dell'attività eruttiva.

1. Lo studio di Vulcano dall'antichità a Giuseppe Mercalli

“Nell’arcipelago Eolico, oltre Stromboli, arde incessantemente un’altra isola, la quale, come racconta Tucidide, venne dagli antichi chiamata ‘Iera’, ossia ‘sacra a Vulcano’, tale essendo la forza e la continuità dei suoi fuochi, da far credere ai vicini isolani, che quivi avesse sede e fucina il dio del fuoco...” [Mercalli, 1883].

Le notizie più antiche su Vulcano risalgono a Tucidide (V sec. a.C.) che, nel libro *Storie*, ne parla come di un'isola fiammeggiante di notte e fumante di giorno. Aristotele in *Meteorologie* descrive una forte eruzione per la quale venne interamente ricoperta di cenere la vicina Lipari. Callia racconta che, in un colle elevato di Vulcano, esistevano due crateri uno dei quali, splendente per la gran luce che spandeva, lanciava pietre incandescenti di "*immensa grandezza*" mentre Polibio (II sec. d.C.) riferisce che, ai suoi tempi, Vulcano presentava tre crateri, due molto ben conservati ed uno in parte distrutto. Plinio, nel libro II del *Naturalis Historia* riporta che, nell'anno terzo dell'Olimpiade CXLIII, si formò un'isola nel Mar Tirreno che, secondo Mercalli, doveva sicuramente trattarsi di Vulcanello. Nel III libro della stessa opera, Plinio afferma che esiste, a Vulcano, un colle che da tempo "*vomita fiamme*". Nel secolo XVI Fazello [1553], storico e teologo siciliano, attesta che l'isola arde e fuma incessantemente. Lo stesso autore descrive una violenta eruzione verificatasi il 5 febbraio 1444 e racconta che, ai suoi tempi, Vulcanello era divisa da

Vulcano per mezzo di un piccolo tratto di mare. D'Orville, nel 1727, visitò Vulcano e racconta che, durante l'eruzione di cui fu testimone, esistevano due crateri distinti ciascuno dei quali si apriva sulla sommità di un monticello. Dal cratere situato a Sud l'emissione era caratterizzata da brandelli di lava e gas, accompagnata da fragorosi boati; il secondo cratere, situato a Nord dell'isola, presentava un'attività maggiore e più frequente del primo [Mercalli, 1883].

Il prof. F. Ferrara attesta che Vulcano fu in attività continua dal 17 febbraio alla metà di maggio del 1771, attività accompagnata da forti scosse e dall'emissione di sabbia e cenere in tale abbondanza da ricoprire la vicina Lipari oscurandone più volte il cielo [Mercalli, 1883].

Dolomieu riporta di un'eruzione nel 1775 durante la quale sarebbe venuta alla luce lava pomiceo-vetrosa lungo il fianco Nord-Ovest della Fossa ma l'abate Trovatini asserisce che non vi furono altre eruzioni dopo quella del 1771; secondo Mercalli, l'affermazione di Trovatini, essendo egli abitante dell'isola, è più certa rispetto a quella sostenuta dal geologo francese e afferma inoltre che, la lava pomiceo-vetrosa di cui parla Dolomieu, per aspetto e posizione, sia stata eruttata durante il 1771, sebbene non ci sia riscontro nel racconto che l'abate fa di quest'eruzione [Mercalli, 1883].

Spallanzani, durante la sua visita a Vulcano il 13 settembre 1788, discese all'interno della Fossa e notò la presenza di fratture da cui fuoriuscivano gas e vapori, accompagnati da un forte rumore [Spallanzani, 1792]. Nella parete occidentale si apriva una cavità che cominciava dal fondo del cratere come un'enorme voragine da cui si sprigionava una colonna di fumo bianco, accompagnata da un odore soffocante di acido solforoso. Riporta, inoltre, di un'eruzione avvenuta nel marzo del 1786 durata quindici giorni e caratterizzata da *“tuoni sotterranei che s'udirono per tutte le isole...un indicibile straboccamento di arene miste a vortici di fumo e di fuoco”*. Dall'accumulo di questo materiale incoerente, in base a quanto descritto da Spallanzani, si formò, a poca distanza a Est del cratere, un monticello conico avente una circonferenza di circa mezzo miglio. Nonostante Ferrara contesti quanto riportato da Spallanzani, affermando che non ci sia stata nessuna eruzione nel 1786, Mercalli ritiene, sulla base anche di altre fonti storiche, che il racconto di tale eruzione non si debba affatto ritenere falso sebbene inesatto ed esagerato [Mercalli, 1883].

Hoffmann, visitando Vulcano nel 1832, lo trovò molto attivo. Al fondo del cratere, splendente di notte di un rosso infuocato scuro, sorgeva un conetto da cui sgorgava una gran quantità di vapori. Le esplosioni che partivano da quella bocca erano così forti che egli le paragonò *“al rumoreggiare del vicino mare”* [Mercalli, 1883].

Nel 1839, il geologo tedesco W.S. von Waltershausen trovò, invece, Vulcano in debole attività al punto che gli operai, sul fondo del cratere, lavoravano per estrarre lo zolfo. Dopo il 1839 non si hanno notizie importanti su Vulcano fino a quando nel 1856 e, successivamente nel 1865, Deville e Fouqué, secondo quanto riportato da Mercalli [1883], trovarono a pochi metri dalla spiaggia di levante una piccola cavità chiamata *“Acqua bollente”*, colma di acqua a 80° e dalla quale si sprigionavano acido, sia solfidrico che carbonico. Anche sulla vicina spiaggia ed in mare, fino a una certa distanza, erano presenti le stesse emanazioni gassose e, in particolare, Fouqué notò che quanto più si inoltrava in mare tanto più diminuiva la quantità relativa di acido solfidrico ed aumentava quella di acido carbonico.

Nel 1872, secondo quanto riportato a Mercalli dal direttore dei lavori minerari, sig. Ambrogio Picone, Vulcano era in uno stato di debole attività con una sola forte fumarola nella sua parte settentrionale ma, tra luglio e agosto del 1873, si udirono rombi sotterranei, accompagnati dall'apertura di nuove fumarole e dal 7 settembre al 20 ottobre le eruzioni si succedettero ritmicamente. Così scrive A. Picone *“il fumo, la cenere e l'arena erano talmente dense, che non permettevano più il passaggio della luce, e laggiù si rimaneva quasi al buio...il suolo gonfiava e sgonfiava tanto...le pietre uscivano a grossi massi e lanciate ad un'altezza di più di 800 metri...e durante l'ascensione si frangevano, producendo un fragore continuato...”*. L'eruzione durò quattro giorni, nel corso dei quali si aprirono quattro grandi voragini, poco distanti l'una dall'altra, tutte nella parte Nord del cratere e tutte internamente. Dopo questa eruzione, quasi quotidianamente si avvertivano rombi sotterranei e, nel 1875, si ebbe una nuova eruzione durante la quale si aprì una voragine nella parte Nord-Est del cratere che Mercalli, nel 1878, trovò quasi inattiva [Mercalli, 1883].

Il 29 luglio 1876 un'abbondante quantità di cenere giunse fin a Lipari e Salina, lo stesso accadde nel settembre 1877. Nell'agosto 1878 si ebbe un breve parossismo e, visitando Mercalli l'isola nel mese di ottobre, trovò tutte le fumarole in forte attività. Si preparava, infatti, una nuova eruzione, avvenuta pochi mesi dopo, nel gennaio 1879.

Mercalli [1883] concludeva che Vulcano, in attività da tempo immemorabile, emetteva, ordinariamente, solo gas e vapori ma con un tale grado di forza e temperatura da costituire un fenomeno eruttivo superiore a quello di cui è interessata la Solfatara di Pozzuoli. In più Vulcano, a differenza di questa, erompeva frequentemente in vere eruzioni con lancio di materiale incandescente, scorie, sabbie e ceneri e

presentando, qualche volta, anche colate di lava. Egli sottolineava, infine, come queste eruzioni non superassero mai di intensità quelle medie del Vesuvio e dell'Etna ma fossero senz'altro superiori a quelle dello Stromboli da cui Vulcano differiva anche per i periodi di riposo decisamente più lunghi.

2. L'eruzione di Vulcano del 1888-1890

Nell'ottobre del 1878, Mercalli si recò nell'isola di Vulcano e così descrive la sua ascesa al cratere della Fossa [Mercalli, 1883] *“i suoi fianchi offrono pendii molto ripidi...il lato occidentale costituito da ceneri e lapilli pomicei agglutinati, sui quali difficilmente faceva presa il piede, sicchè faticosissima era la salita...”*. Arrivato in cima al cratere egli racconta come si sia trovato sull'orlo di *“un'immensa voragine imbutiforme di 300 metri di diametro...uno de' più meravigliosi crateri attivi del globo...poi vi scesi dentro, seguendo un piccolo e mal sicuro sentiero, che comincia verso Nord-Ovest e, girando sulla parete interna della Fossa, mette capo nella parte meridionale del suo fondo”*. Vistose emanazioni gassose erano presenti, principalmente, nella parte settentrionale del cratere dove, accompagnate da un forte sibilo, si sollevavano dense colonne di vapore da cui si sprigionava odore di acido solforoso. Mercalli racconta come si udisse provenire dalla parte settentrionale del cratere un forte rumore sotterraneo che gli richiamava alla mente lo stesso rumore *“come d'agitarsi di lava”* che aveva udito qualche giorno prima all'interno del cratere vesuviano.

Abbandonato il fondo del cratere, Mercalli ne esaminò il fianco esterno settentrionale e notò, al disotto dell'orlo, un gruppo molto attivo di fumarole, le stesse che Dolomieu cita nel 1781. Vicino a queste fumarole egli notò la presenza di un piccolo cratere avventizio.

Egli visitò anche il cratere di Vulcanello e vi trovò tre bocche in una delle quali, a forma di imbuto, le pareti erano ricoperte di incrostazioni gialle, per la presenza di alcune fumarole che emettevano vapore acqueo e acidi dello zolfo. Accanto a questa si aprivano le altre due bocche, una meno profonda della prima e molto più irregolare, l'altra di forma craterica decisamente meglio disegnata. Costeggiando, inoltre, con la barca le coste sia occidentali che orientali di Vulcanello, le trovò quasi sempre a picco e risultanti dalla sovrapposizione di molte colate laviche eruttate, probabilmente, proprio da Vulcanello. Sulla spiaggia di levante, non trovò più la cavità di *“Acqua bollente”* vista da Fouqué, ma osservò tuttavia che l'acqua era caldissima, con emanazioni di acido carbonico così come aveva descritto anche Fouqué.

Eccetto brevi e deboli esplosioni, avvenute specialmente dal 1873 al 1886, Vulcano, per tutto il XIX secolo, rimase in uno stato di relativa tranquillità.

Il 3 agosto del 1888, cominciò un periodo di grande intensità che, tranne brevissime interruzioni, durò per venti mesi. Movimenti del suolo, leggeri ma avvertiti anche nelle altre isole dell'arcipelago eoliano, e fortissimi boati, accompagnarono le prime e più forti esplosioni. Dal cratere si elevò una colonna di vapore alta più di 2 chilometri lanciando in aria cenere bianca e finissima, lapilli e massi di circa 15 tonnellate di peso che, cadendo al suolo a distanza anche di un chilometro, crearono voragini di diversi metri.

In alcuni giorni i boati erano talmente forti che si sentivano distintamente fino a più di 45 chilometri di distanza, altre volte, invece, le esplosioni cominciavano silenziose e si avvertivano solo le secche detonazioni delle scariche elettriche e il rumore dei blocchi che rotolavano sui fianchi del cratere.

Dal 3 al 5 agosto le eruzioni, sempre violentissime, si ripeterono più volte poi, per 12 giorni, il cratere rimase in perfetta quiete. Il 18 agosto le esplosioni ricominciarono e continuarono, con forza e frequenza alternata, per un anno e mezzo; queste esplosioni si succedevano ad intervalli variabili da pochi minuti a mezz'ora, durante i quali il cratere rimaneva tranquillo e, a volte, anche libero dai vapori. La frequenza delle esplosioni dipendeva dalla loro intensità così che, nei primi giorni, quando avvennero le esplosioni più violente, gli intervalli erano anche di alcune ore.

In prossimità dell'orlo superiore del cratere esistevano quattro grosse fumarole da cui, durante le esplosioni forti, fuoriusciva una massa di vapore nero, denso e compatto, che assumeva via via la forma di un altissimo pino vulcanico. All'interno di questa nube, talvolta, si potevano osservare lampi seguiti da scariche elettriche, tanto più numerose quanto più abbondanti erano le cenere e i lapilli. Nelle esplosioni meno forti, il pino vulcanico era di colore grigio-biancastro e carico solo di materiale leggero.

La bocca eruttiva era una sola ed aveva circa 14 metri di diametro, come poté constatare lo stesso Mercalli, giunto sull'isola per studiare da vicino l'eruzione, affacciandosi sul bordo del cratere il 18 marzo, durante una momentanea fase di riposo dell'attività eruttiva (Fig. 1).



Figura 1. Una fase dell'esplosione. La colonna eruttiva ha già raggiunto la sua massima altezza e sta per disperdersi nell'atmosfera (foto di A. Silvestri).

Lo spettacolo di queste eruzioni, racconta Mercalli, era imponente soprattutto di notte quando il pino vulcanico, in basso, appariva come una colonna compatta di fuoco, tutta luminosa, come infuocata e al punto che gli abitanti, più di una volta, credettero che dall'alto del vulcano fuoriuscisse una colata di lava. Ma è certo che, durante quest'eruzione, non furono affatto emesse colate.

Varie volte Mercalli si trovò ai piedi o sul fianco stesso della Fossa, al momento delle forti esplosioni e così descrive quei momenti “...provai l'emozione, e confesserò francamente anche lo spavento, di vedermi volare sopra la testa i massi infuocati...di essere sorpreso da grossi progetti che,....venivano a posarsi a pochi passi dal punto ove io mi stavo”. In tal modo egli poté esaminare questi grossi blocchi pochi minuti dopo la loro caduta e notò che, alla superficie, essi presentavano sempre una crosta già consolidata e tutta frantumata, spesso divisa in placche come la crosta del pane ma, all'interno erano ancora perfettamente incandescenti con una temperatura, secondo gli esperimenti da lui stesso eseguiti, non inferiore a 1100° - 1200° C.

Tali bombe, dette appunto a crosta di pane (Fig. 2), furono senz'altro il prodotto più caratteristico di questa eruzione; di forma tondeggiante o subsferica, alcune erano leggere, perché costituite quasi interamente da una grigia massa pomicea e ricoperte solo esternamente da una sottile crosta subvitrea e nerastra mentre altre, più pesanti, erano formate da una roccia nerastra, compatta, subvitrea e soltanto verso il centro più pomicea.

Tali bombe erano formate interamente da lava, con inclusi dei pezzi di roccia più antica “strappata” durante la risalita; si raffreddavano più velocemente in superficie, coprendosi di una crosta subvitrea, e infine si fratturavano sia in conseguenza del raffreddamento sia per effetto del rigonfiamento della parte interna ancora fluida e incandescente, rigonfiamento determinato dal passaggio da una fortissima pressione a quella ordinaria dell'atmosfera.

Alcune di queste bombe, cadendo, rimanevano compatte altre, invece, si frantumavano altre ancora, pur essendo di natura pomicea, non si frantumavano ma, nell'impatto, si schiacciavano e si deformavano perché ancora pastose all'interno.

Durante questo periodo eruttivo fu visto, alcune volte, il mare ribollire in alcuni punti e portare in superficie pietre pomicee. Secondo Mercalli, questi fenomeni, che durarono sempre poche ore, facevano supporre che il fianco di Vulcano si fosse aperto anche al di sotto del livello del mare emettendo, forse, colate di lava che mancavano nella parte subaerea del vulcano.



Figura 2. La tipica bomba a “crosta di pane” eruttata nel 1889. [Archivio storico Reale Osservatorio Vesuviano].

3. Le osservazioni di Mercalli sui prodotti eruttivi recenti di Vulcano

Riguardo le caratteristiche mineralogiche e petrografiche dei prodotti eruttati da Vulcano, Mercalli, in particolare, richiama lo studio di Baltzer [Baltzer, 1875] sui prodotti dell'evento esplosivo del settembre 1873, dove sono classificati come Lipariti, quindi una roccia nettamente acida costituita da quarzo e feldspati alcalini, di colore chiaro e struttura porfirica con pasta di fondo vetrosa ipocristallina. Dall'osservazione diretta dei campioni da lui stesso prelevati sui prodotti del 1886, egli riferisce trattarsi di una roccia chiara, di aspetto trachitico con cristalli di sanidino ed anfibolo. Mercalli stesso poi richiese al Prof. Polli, docente di Storia Naturale all'Istituto Tecnico di Milano, l'analisi mineralogica sia della cenere che dei blocchi eruttati nell'evento del 1886. Dai risultati di queste analisi Mercalli concluse che cenere e blocchi balistici avessero la stessa composizione, con presenza di cristalli di tridimite, sanidino e altri feldspati alcalini, e che la cenere del 1886 era del tutto simile a quella emessa nell'eruzione del 1879. Inoltre Mercalli, trova una grande affinità composizionale tra queste rocce eruttate alla Fossa con la riolite di Mont Dorè, vulcano quaternario nella regione dell'Auvergne in Francia, e le trachiti di Pantelleria.

Le osservazioni e le considerazioni che Mercalli effettuò sui prodotti delle eruzioni recenti di Vulcano fino a quelli emessi nel 1889-1890, lo portarono a classificare queste rocce come trachi-andesiti, evidenziando la loro differenza con quelle eruttate praticamente quasi contemporaneamente dagli altri vulcani vicini come Stromboli e l'Etna, che erano prodotti originati da magmi più basici. Queste considerazioni portarono Mercalli all'importante conclusione che non vi fosse una comunicazione tra i “focolari”, cioè le camere magmatiche dei diversi vulcani, sebbene vicini, e quindi che i sistemi di alimentazione dello Stromboli dell'Etna e di Vulcano, fossero indipendenti e potessero differenziare magmi differenti.

Bibliografia

- Baltzer, A., (1875). *Geognostisch chemische Mittheilungen ueber die neuesten Eruption auf Vulcano und die-producte derselben*. Zeitsch. d. Deutsch. Geol. Gesell. Berlin, 1875.
- Dolomieu, D., (1783). *Voyage aux iles de Lipari fait en 1781*. Ed. Cuchet, Parigi 1783.
- Fazello, T., (1553). *Le due decche dell'Historia di Sicilia, divise in venti libri, tradotte dal latino in lingua toscana dal P. M. Remigio fiorentino, del medesimo ordine*. Con privilegio, Venetia, appresso Domenico, & Gio. Battista Guerra, fratelli, MDLXXIII.
- Mercalli, G., (1883). *Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia*. Ed. Forni 1883, pp. 134-145.
- Mercalli, G., (1892). *Le recenti eruzioni dei vulcani italiani*. Natura ed arte 1892 pp. 923-929.
- Mercalli, G., (1886). *La Fossa di Vulcano e lo Stromboli dal 1884 al 1886*. Vol. XXIX pp. 352-360.
- Spallanzani, L., (1792). *Viaggi alle Due Sicilie e in alcune parti dell'Appennino*. Comini, Pavia, 1792.

Stromboli: l'eruzione del 1891 negli studi di Giuseppe Mercalli

Nave R., Siniscalchi V.

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

Introduzione

L'isola di Stromboli, con i suoi 924 metri di altezza, è la parte emersa di un vulcano la cui base si trova a circa 2000 metri sotto il livello del mare. È considerato uno dei vulcani più attivi al mondo per la sua attività eruttiva persistente a condotto aperto, detta appunto “stromboliana”, caratterizzata da frequentissime esplosioni di moderata energia, con lancio di brandelli di lava incandescente, lapilli e cenere fino a qualche centinaio di metri di altezza. Le esplosioni hanno origine da diverse bocche, allineate in direzione Nord-Est Sud-Ovest, situate all'interno di una terrazza craterica a circa 700 m di quota nella parte alta della Sciara del Fuoco, uno dei versanti del vulcano. Oltre all'attività esplosiva, cosiddetta “ordinaria”, i crateri sono periodicamente interessati da esplosioni “maggiori” e “parossistiche”. Le esplosioni maggiori possono verificarsi diverse volte l'anno causando la ricaduta di blocchi e bombe vulcaniche nella parte alta del vulcano. Quelle “parossistiche” hanno tempi di ritorno di qualche anno con possibile ricaduta di materiale vulcanico fino quote più basse, raggiungendo i centri abitati, come durante le esplosioni del 5 aprile 2003 e del 27 febbraio 2007. Talvolta, si possono originare colate laviche dalla zona dei crateri o da bocche a quote più basse lungo la Sciara. Le colate laviche e le esplosioni parossistiche possono destabilizzare il versante della Sciara, provocando frane che coinvolgono le parti emerse e/o sommerse del vulcano, con possibile generazione di tsunami.

Le cronache e le osservazioni a carattere più concretamente scientifico sulla natura dei fenomeni eruttivi di Stromboli risalgono alla fine del '700, come riporta Mercalli stesso in “*Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia*” del 1883.

In occasione dell'eruzione dello Stromboli del 24 Giugno 1891 Giuseppe Mercalli si trasferì sull'isola per osservare da vicino la particolare dinamica eruttiva e i prodotti emessi. Prima di allora numerosi studiosi, tra i quali Dolomieu e Spallanzani, si erano dedicati all'osservazione e all'analisi dell'attività dello Stromboli, ma in nessuno di questi studi precedenti si ritrovano cenni riguardo l'attività effusiva, che pur ha da sempre caratterizzato il vulcano. Grazie invece alla sua osservazione diretta, Mercalli fu in grado di testimoniare che il vulcano “*potesse emettere altro che scorie e ceneri*”.

1. Lo studio dello Stromboli dall'antichità a Giuseppe Mercalli

“Lo Stromboli è l'unico vulcano del globo, che da molti secoli persista in uno stato d'attività continuo e poco variato; ed offra ai naturalisti sempre aperte le viscere della terra alle loro ricerche” [Mercalli, 1883].

Le prime descrizioni del vulcano Stromboli, chiamato dagli antichi *Strongyle*, cioè rotondo in riferimento alla sua forma, risalgono al IV secolo a.C.. Lo scrittore siracusano Callia già a quel tempo descrive Stromboli come un vulcano che “*giorno e notte lanciava fuoco*”. Successivamente altri autori tra cui Apollonio Rodio, Cornelio Severo e Strabone attestano che l'attività persistente del vulcano è presente “*fin da tempi lunghissimi*”.

Plinio il Vecchio, nel libro III della *Naturalis Historia* parla di Stromboli quale sede del dio del vento Eolo, e riporta che gli abitanti dell'isola prevedevano la direzione dei venti osservando il fumo emesso dal vulcano. Dopo Plinio sicuramente Dioniso (II secolo d.C.), nel *Descriptio Orbis*, cita l'isola di Stromboli definendola splendente in riferimento all'incandescenza visibile anche di giorno.

Nel 1619 Cluverio, in *Sicilia Antiqua*, riporta dell'attività eruttiva di Stromboli dal cratere sommitale, argomento che verrà poi contestato da Spallanzani un secolo dopo.

Hamilton in *Campi Phlegraei, Observations on volcanoes of the two Sicilies* [1776] e Dolomieu in *Voyage aux îles de Lipari fait en 1781*, descrivevano come l'attività caratteristica di Stromboli fosse il susseguirsi di esplosioni ad intervalli di qualche minuto, durante le quali veniva emesso materiale incandescente.

Le osservazioni che Spallanzani effettuò sullo Stromboli nel 1788 sono particolarmente significative in quanto, spingendosi fin sopra l'area sommitale, testimoniò come il cratere fosse riempito di magma fino ad una certa altezza. Inoltre egli notò le variazioni del livello del magma che si gonfiava formando ampie bolle fino a generare esplosioni accompagnate da scoppi “come di tuono”, e dall'emissione di brandelli di magma, ceneri e gas.

L'ingegnere irlandese Robert Mallet, che era stato inviato in Italia dalla Royal Society per studiare gli effetti del terremoto del 1857 in Basilicata e Campania, si dedicò poi allo studio dello Stromboli pubblicando nel 1874 “*On the mechanism of Stromboli*”. Mallet riferì come il tipo di attività caratteristica del vulcano fosse essenzialmente il susseguirsi di esplosioni ad intervalli molto irregolari, tra 2 e 30 minuti, con gli eventi maggiori dopo gli intervalli più lunghi. Questa ritmicità veniva sporadicamente interrotta da eventi parossistici, la cui occorrenza appariva casuale. Dedusse la presenza di un solo centro eruttivo sul fondo craterico, non confermando quanto osservato da altri studiosi circa la presenza contemporanea di più bocche eruttive. Mallet negò, contrariamente a quanto ipotizzato dallo stesso Mercalli, qualsiasi interazione tra le eruzioni dello Stromboli e lo stato dell'atmosfera e, per spiegare l'attività esplosiva ordinaria di bassa energia, applicò a questo vulcano l'ipotesi con cui Bunsen spiegava l'eruzione del gran Geyser d'Islanda. Convinto che la lava rimanesse circoscritta al fondo del cratere e che, quindi, questo non ne fosse totalmente riempito, egli ipotizzò un modello complesso della struttura interna del vulcano. Tale modello prevedeva condotti di alimentazione separati per il magma e il vapore acqueo, nonché un apporto continuo di acqua marina nel condotto principale che, partendo al di sotto del livello del mare, arrivava fino alla base del cratere riempito di scorie.

Mercalli contestava punto per punto questo modello ritenendolo estremamente improbabile, e affermava come molte delle sue incongruenze fossero proprio legate alla convinzione di Mallet che lo Stromboli non avesse mai avuto attività effusiva. Inoltre, dubitava che il carattere ritmico dell'attività esplosiva fosse unico tra i vulcani terrestri, come invece affermato dallo studioso irlandese. A sostegno dell'ipotesi contraria Mercalli citava come esempio le ultime eruzioni di Vulcano (settembre 1783) e alcune eruzioni moderate e ritmiche del Vesuvio. Infine, Mercalli concluse che, con la sua ipotesi, Mallet non arrivava comunque a spiegare gli eventi parossistici, che lui stesso considerava effetto dell'interazione con la pressione atmosferica.

2. L'eruzione del 24 Giugno 1891

2.1 La prima fase dell'eruzione

“Io visitai lo Stromboli in tre epoche diverse, cioè: nel settembre 1888, nel marzo 1889 e nel luglio 1891, e potei constatare che la sua attività non è così monotona e moderata, come comunemente si crede...ma talvolta più deboli e più rare, altre volte molto più forti e perfino violentissime in modo da incutere grande spavento agli abitanti. È poi inesatto il dire, come molti hanno asserito, che lo Stromboli non dia mai vere colate...perché ebbi la fortuna di vedere coi miei occhi, nel marzo 1889, scendere una corrente di lava sul fianco della Sciara del fuoco” [Mercalli, 1907].

Mercalli visitò Stromboli la prima volta nel settembre del 1888 e trovò una debole attività limitata ad una sola bocca eruttiva, con esplosioni di intensità variabili; quelle maggiori erano rare mentre quelle minori erano più frequenti e con intervalli da uno a dieci minuti. Da tempo immemorabile il cratere sommitale e centrale erano inattivi, e quello attivo era un cratere laterale che si apriva circa 200 metri più in basso, sul versante Nord-Nord-Ovest del vulcano.

Questo cratere occupava la parte superiore della Sciara del Fuoco, che Mercalli chiama Sciarazza, e che, iniziando con l'antico cratere sommitale, finiva in mare con un ripido pendio costituito da scorie e lapilli, interrotto sporadicamente da costoni rocciosi di antiche lave (Fig. 1).

I Faraglioni, due grosse sporgenze di forma irregolare, quasi racchiudevano il cratere attivo a Nord-Est e a Sud-Est, in modo tale che da mare questo era visibile solo da Nord-Ovest. La Sciara, verso il mare, era limitata da due grosse scogliere di lava che, per mezzo del Filo di Baraona a ovest e del Filo della Sciara e del Filo del Fuoco ad est, si ricongiungevano alla sommità con i due Faraglioni.

Le bocche del cratere attivo dello Stromboli cambiavano con facilità sia per posizione che per numero. Mercalli riporta che Bylandt-Palslercamp nel 1830 aveva osservato sette bocche distinte e tutte attive, anche

Abich nel 1836 ne aveva osservate sette, De Quatrefages nel 1844 sei, due delle quali emettevano solo fumo, mentre Mallet nel 1864 ne aveva osservata una sola. Uno di questi cambiamenti nelle bocche eruttive avvenne proprio in coincidenza dell'esplosione del 23 ottobre 1888 che segnò l'inizio della prima delle due fasi eruttive che si distinsero l'una per la sua lunghezza e l'altra, iniziata il 24 giugno 1891, per la sua intensità.

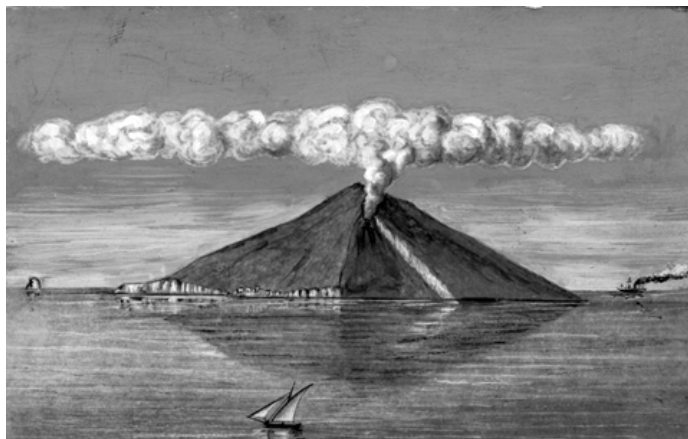


Figura 1. Il cratere laterale nella parte superiore della Sciara [Archivio storico Reale Osservatorio Vesuviano].

Verso la fine del mese di febbraio del 1889, Mercalli effettuò il suo secondo viaggio a Stromboli e trovò dunque il cratere di questo vulcano notevolmente cambiato rispetto a quanto aveva osservato nel suo primo viaggio, nel settembre del 1888. Infatti la bocca, attiva a settembre, a febbraio presentava solo degassamento mentre, sull'orlo superiore della Sciara, si erano aperte tre nuove bocche che rimasero contemporaneamente in attività per più di sei mesi, sebbene in maniera indipendente l'una dall'altra.

In pochi giorni intorno a ciascuna bocca si venne a formare un conetto e, di conseguenza, l'aspetto del bordo nord-occidentale del cratere cambiò totalmente (Fig. 2).



Figura 2. I tre conetti all'interno del cratere [disegno di G. Mercalli, 1 Marzo 1889]. (Archivio storico Reale Osservatorio Vesuviano).

Dei tre conetti, quello più orientale era in uno stato di quiete, dando solo di rado qualche debole esplosione, mentre quello occidentale, più in basso rispetto agli altri due, dava esplosioni più violente, variabili da tre minuti a mezz'ora e accompagnate da rumori forti e prolungati. Infine, in quello centrale era

visibile, anche in pieno giorno, la lava che ribolliva nella gola del cratere sprigionando forti getti di vapore e brandelli di lava a frequenza ravvicinata e con eventi maggiori ogni 10-12 minuti. Alla base di questo conetto, nel fianco rivolto verso il mare, si aprì anche una piccola bocca laterale da cui fuoriusciva lentamente, nonostante la ripida pendenza, una lingua di lava continua e densa. La parte inferiore della colata, consolidandosi, si rompeva in blocchi irregolari che precipitavano nella spiaggia sottostante o direttamente a mare.

2.2 La seconda fase dell'eruzione

La seconda fase di forte attività iniziò il 24 giugno 1891 e fu dettagliatamente descritta da Mercalli che, nel periodo compreso tra il 3 e il 16 luglio, visitò l'isola per la terza volta.

L'eruzione ebbe inizio con due violente esplosioni, precedute da altrettante scosse di terremoto avvertite fino all'isola di Salina, distante circa 40 km, e da boati e spostamenti d'aria tanto forti da provocare la rottura dei vetri delle finestre di edifici situati a circa 2 km dal cratere. Lo scuotimento provocò il distacco di una grossa frana dalle rocce a picco sul mare, tra le località di Labronzo e San Vincenzo, e di altre frane minori nella stessa località nei giorni seguenti. Dal cratere si sollevò un alto pino vulcanico, lanciando grosse scorie a notevole distanza, lapilli di dimensioni anche di qualche centimetro e cenere fine di colore grigio scuro che si depositò per tutta l'isola.

Mercalli afferma, dopo attente osservazioni sul campo, che le due prime e maggiori esplosioni fossero avvenute da una delle due bocche laterali, poiché subito dopo cominciò a sgorgare la lava da un punto della Sciara prossimo alla bocca più occidentale e più bassa. In corrispondenza di questo punto di emissione, l'orlo della Sciara si squarciò formando una profonda slabbratura, come era già successo nel novembre del 1882. La lava, che discese fino a mare, sgorgò per due giorni accompagnata da forti esplosioni e boati che, tuttavia, decrebbero d'intensità tanto da far credere che il vulcano fosse ritornato nel suo stato di normale attività. Tuttavia, il 30 giugno avvenne una seconda forte esplosione e, dalla bocca più orientale, si alzò un'altissima colonna di gas e brandelli di lava. Subito dopo, un'abbondante colata fu emessa da un punto situato più in basso e più a Ovest della bocca da cui avvenivano le esplosioni e forse, secondo Mercalli, dallo stesso punto da cui era fuoriuscita la lava nel 1889. Una terza colata di lava fuoriuscì dal vulcano il 16 luglio e, come le precedenti, arrivò fino al mare. Essendosi una delle colate divisa in due rami, si formarono quattro nuove lingue, la maggiore delle quali, di forma triangolare, era lunga 45 metri e larga alla base 70 metri (Fig. 3).



Figura 3. Le quattro lingue di lava, 16 luglio 1891 (Archivio storico Reale Osservatorio Vesuviano).

I tre conetti, formatisi durante la prima fase, cambiarono più volte di forma durante tutto il 1889, mantenendo essenzialmente i caratteri descritti da Mercalli fino al mese di giugno quando, con l'esplosione del 24, cambiarono così radicalmente da rendersi quasi irriconoscibili. Le bocche attive nel giugno-luglio 1891 furono quattro. La bocca posizionata più ad Est corrispondeva perfettamente, per la posizione, al conetto orientale del 1889 ma, per forma e per dimensioni, era totalmente cambiata. Infatti, dopo l'esplosione

del 24 giugno, la bocca, che durante questa fase eruttò la maggiore quantità di materiale, si presentava alla fine con una base due volte maggiore ed un cratere assai più vasto di quello del 1889.

Mercalli, prendendo come riferimento il cratere sommitale, inattivo in quella fase eruttiva, dedusse che, rispetto ad esso, le due bocche occidentali si allineavano su una medesima frattura con direzione circa Est-Ovest. Per quanto riguarda le bocche più orientali, delle quali quella più in basso corrisponde probabilmente al conetto centrale del 1889, egli formulava due ipotesi: o che fossero due crateri sorti su due distinte fratture radiali del cratere sommitale, o che fossero indipendenti da questo ed allineati su una seconda frattura Est-Ovest. Mercalli propendeva per la prima ipotesi, pur ammettendo di non avere argomenti validi per escludere del tutto la seconda.

La fase eruttiva parve terminare il 28 luglio, ma la calma durò poco e nei giorni 27 e 28 agosto si verificò una breve recrudescenza, con esplosioni di notevole energia e con forti boati; ritornò la calma nei giorni 29 e 30 ma il 31 agosto, alle 7.40 del mattino, il vulcano riprese l'attività con una violentissima esplosione preceduta, di pochi istanti, da forti scosse e seguita da una fortissima detonazione. Si alzò una densa colonna di fumo, misto a cenere, brandelli di lava, bombe e altri prodotti più o meno grossolani che, ricaduti a distanze considerevoli, provocarono alcuni incendi e crearono spavento tra gli abitanti i quali, all'inizio, credettero che si fossero aperte nuove bocche. In seguito all'esplosione del 31 agosto, il prof. Annibale Riccò, direttore dell'Osservatorio Geodinamico di Catania, dietro autorizzazione del direttore dell'Ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinamica, diede formale incarico a Mercalli di recarsi immediatamente sui luoghi per accertarsi del vero stato delle cose ed egli arrivò sull'isola la mattina del 2 settembre.

Dopo il parossismo del 31 agosto, per alcuni giorni le eruzioni continuarono a ripetersi a brevi intervalli e con forza maggiore dell'attività ordinaria. In seguito, fino a dicembre del 1891 lo Stromboli non presentò più esplosioni di considerevole intensità tranne qualche episodio sporadico come quello del 14 dicembre segnalato a Mercalli che, nel frattempo, aveva lasciato l'isola.

3. Mercalli e la lava *in corrente*

Mercalli, nei suoi scritti, si sofferma molto sul fatto più importante da lui constatato durante l'eruzione del 1891: l'emissione della lava *in corrente*, cioè colata di lava.

Contraddittorie erano, a questo proposito, le opinioni dei molti studiosi che avevano visitato lo Stromboli: Hamilton, nel 1769, passando vicino all'isola, affermò di aver visto una colata di lava scendere dal cratere lungo la Sciara, ma Dolomieu e Spallanzani, che visitarono il vulcano pochi anni dopo, sostennero categoricamente che “*già da lungo tempo, non emette vere lave fluenti, ma soltanto scorie ed arene*”. Lo Spallanzani afferma, inoltre, che, interrogati gli abitanti per sapere se la lava fosse uscita dal cratere all'epoca indicata da Hamilton, ne ebbe risposta negativa, né egli vide “*vestigia di queste correnti*”. Hoffmann, invece, nella sua memoria sulle isole Eolie descrisse una piccola colata di lava che egli stesso, nel 1831, vide scendere dall'alto della Sciara verso il mare. Scrope, che visitò lo Stromboli nel 1820, scrive “*...fui assicurato dagli abitanti...il fianco del monte al di sotto del cratere è a volte squarciato da una fessura che vomita lava nel mare...la lava poco tempo dopo ritorna ad innalzarsi fino alla sommità e vi bolle...*”. Anche Pilla, nel 1834, e ancora più esplicitamente Abich nel 1856, affermarono di aver visto traboccare piccole colate di lava dall'orlo del cratere verso il mare. Nonostante ciò, molti studiosi tra cui De Quatrefages e Mallet, forse influenzati dall'autorità di Dolomieu e Spallanzani, pensavano che lo Stromboli da molto tempo “*non emetta che arene e scorie*”. Mallet, che andò a Stromboli nel 1864, addirittura affermò che “*le sue pareti ripide (della Sciarazza) non mostrano traccia alcuna d'essere state al contatto colla lava liquida in nessun tempo da quando sono state formate...*”.

In mezzo a questo turbinio di opinioni di autorevoli naturalisti, opinioni così discordanti tra loro, vivo era in Mercalli il desiderio di visitare lo Stromboli per vedere “*da che parte stessero i fatti*”. Nel suo primo viaggio, nel 1888, poté esaminare con attenzione la Sciara alla sua base, perché le scorie “*poco numerose ed a lunghi intervalli cadevano*” ed osservò che, nel mezzo, erano presenti banchi di lava, testimonianza di colate discese dal cratere da non molto tempo. Nel suo secondo viaggio, nel marzo 1889, finalmente egli stesso vide, e per la prima volta, “*un rigagnolo di lava discendente dalla Sciarazza verso il mare, e ne potei raccogliere i pezzi ancora incandescenti che rotolavano alla base di questa, essendo affatto impossibile avvicinare da nessuna parte la corrente, stante la ripidità della Sciarazza e la pioggia delle scorie infuocate lanciate dal cratere e dei massi staccantisi dalla fronte della lava fluente...*”.

4. I prodotti eruttivi di Stromboli

Lo studio condotto da Mercalli sui prodotti eruttivi dello Stromboli, parte dalle osservazioni che egli fece su quanto affiorava lungo le pareti dell'edificio vulcanico. Egli descrive una sovrapposizione di banchi di lava alternati con scorie e strati di tufo grigio-giallo, con blocchi di lava e interstratificazioni di sottili livelli di piccole pomici. Successivamente, Mercalli condusse uno studio mineralogico sulle lave sia antiche che recenti. Riguardo le più antiche le descrive come trachiti a pasta rosso-grigio, porfiriche con cristalli di feldspato plagioclasio vitreo e cristalli verdi di augite, mica e piccoli granelli di magnetite.

L'analisi delle lave dell'ultimo periodo eruttivo, fino all'eruzione del 1891, evidenzia per Mercalli una tendenza verso termini più basici, con l'aumento di olivina, magnetite e pirosseno. Sulla colata lavica del 1891, Mercalli prelevò dei campioni di cui eseguì una dettagliata analisi mineralogica. Si trattava di lava scoriacea bruno-nerastra in cui erano presenti, riconoscibili ad occhio nudo, cristalli di augite e di plagioclasio. Al microscopio la sezione sottile evidenziava una massa di fondo opaca nerastra per la presenza di numerosissimi microcristalli di magnetite, mescolati in una pasta vitrea trasparente. Si evidenziava, inoltre, la presenza di microliti di feldspato di natura plagioclasica, mentre l'augite microlitica era presente in granuli più rari. Infine l'olivina presentava cristalli piccolissimi e scarsamente alterati.

In conclusione, Mercalli classificò questa lava come un basalto plagioclasico del tutto simile a quello eruttato dallo Stromboli nel 1889 e simile ai basalti plagioclasici dei prodotti dell'Etna e di Pantelleria. Mercalli, infine, sottolineò la grande diversità di queste lave con i prodotti eruttati contemporaneamente da Vulcano, e da lui studiati, durante l'eruzione del 1888-1890.

Bibliografia

- Abich, H., (1857). *Besuch des Kraterbodens von Stromboli am 25 Juli 1836*. Bd. 9, 1857, H. 3, pp. 392-406.
- Bylandt-Palslercamp, A., (1836). *Theorie des volcans*, Atlas. Éd. F. G. Levrault. Paris 1836.
- Dolomieu, D., (1783). *Voyage aux îles de Lipari fait en 1781*. Ed. Cuchet, Parigi 1783.
- Hamilton, W., (1776). *Campi Phlegraei Observations on volcanoes of the two Sicilies*. Naples 1776.
- Mallet, R., (1874). *On the Mechanism of Stromboli*. Proceedings of the Royal Society London, London. January 1, 1874, 23 444.
- Pilla, L., (1835). *Parallelo tra i vulcani ardenti d'Italia*. Atti Acc. Gioenia Sci. Nat. Catania - vol. XII, pp 89-127.
- Quatrefages, J.L., (1854). *Souvenirs d'un naturaliste*. Ed. Lib. Charpentier Paris 1854.
- Mercalli, G., (1881). *Natura delle eruzioni dello Stromboli e, in generale, delle attività sismovulcaniche nelle Eolie* – Atti della Società Italiana di Scienze Naturali, Vol. XXIV, pp. 105-132.
- Mercalli, G., (1882). *Eruzioni di Stromboli* - Bollettino del vulcanismo italiano, Anno IX, p. 25, 1882.
- Mercalli, G., (1883). *Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia*. Ed. Forni Milano, pp. 146-157.
- Mercalli, G., (1887). *L'eruzione dello Stromboli* - Il ROSMINI, Enciclopedia di Scienze e Lettere, Anno I, Vol. I.
- Mercalli G., (1890). *Sopra alcune lave antiche e moderne dello Stromboli*. RENDICONTI (Reale Istituto Lombardo di Scienze e Lettere), Vol. XXIII, Fasc. 20, pp. 863-873.
- Mercalli, G., (1892). *Le recenti eruzioni dei vulcani italiani*. Natura ed arte, pp. 917-922.
- Riccò, A., Mercalli, G., (1892). *Sopra il periodo eruttivo dello Stromboli cominciato il 24 Giugno 1891*. Estratto dagli Annali dell'Ufficio Centrale e Meteorologico e Geodinamico, Serie II, Parte III, Vol. XI – 1889, Tip. Dell'Unione Cooperativa Editrice, Roma, pp. 5-31.
- Scrope, G.P., (1864). *Les volcans leurs caracteres et leurs phenomenes*. Paris 1864, Vol. 1 in 8.
- Spallanzani, L., (1792). *Viaggi alle Due Sicilie e in alcune parti dell' Appennino*. Comini, Pavia, 1792.

Giuseppe Mercalli e lo studio del bradisismo flegreo

Del Gaudio C., Aquino I., Di Vito M.A., Ricciardi G.P., Ricco C.
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

Introduzione

Sin dalla metà del XVIII secolo, con l'inizio di grandi campagne di scavo eseguite in varie parti del mondo, l'archeologia ebbe un grande impulso nello studio sistematico delle civiltà antiche ed in particolare di quelle di epoca romana.

Gli scavi di Pompei ed Ercolano, iniziati sotto il dominio di Carlo III di Borbone, risultano infatti essere la più grande testimonianza storica sia della civiltà romana che dei fenomeni geologici e vulcanici avvenuti nell'area napoletana.

In questo contesto lo studio del Serapeo di Pozzuoli (Macellum romano scoperto accidentalmente nel 1738 durante lo scavo di una fondazione), sin dall'inizio degli scavi archeologici avviati nel 1750, ha alimentato un intenso dibattito scientifico relativamente alle cause delle variazioni del livello del mare che avevano interessato l'intera costa flegrea [Babbage, 1847; Breislak, 1792, 1798, 1801; Caristie, 1816; De Jorio, 1820; Letizia, 1774; Lyell, 1850; Niccolini, 1829-1839].

Giuseppe Mercalli manifestò il suo interesse per i fenomeni vulcanici dei Campi Flegrei ed espresse le sue teorie riguardanti il bradisismo flegreo nell'opera "Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia" [Mercalli, 1883]. Egli partecipò al forte dibattito scientifico, iniziato con gli scavi del Serapeo e determinò un significativo cambiamento nell'approccio quantitativo allo studio del fenomeno.

1. Il dibattito sul Serapeo di Pozzuoli

All'interno del Serapeo, localizzato lungo la fascia costiera della città di Pozzuoli, si evidenziò la presenza di colonne in posizione verticale lungo le quali erano presenti numerosissimi fori di Litodomi (*Lithophaga lithophaga*), lamellibranchi della famiglia dei mitilidi, che colonizzano gli ambienti marini poco profondi e vengono considerati ottimi indicatori della linea di riva.

Gli studiosi dell'epoca mostrarono, in particolare, un notevole interesse per i fori presenti sulle tre grandi colonne di marmo cipollino poste alle spalle della rotonda centrale.

Le colonie di questi lamellibranchi avevano infatti attecchito fino ad un'altezza massima di circa 6.30 m dal pavimento del Serapeo, indicando una persistenza del livello marino ad una quota notevolmente superiore a quella dell'epoca dello scavo (Fig. 1) [Forbes, 1829; Lyell, 1850; Niccolini, 1846].



Figura 1. A sinistra è raffigurato il Serapeo in uno schizzo originale di Pietro Fabris eseguito intorno al 1767 per essere stampato, a destra è quello riportato nel volume di W. Hamilton del 1776.

Fino a metà del XVIII secolo la convinzione che fosse il livello del mare a subire forti variazioni rappresentò la teoria dominante [Niccolini, 1846].

In seguito, nel periodo compreso tra il 1807 e il 1845, l'architetto Antonio Niccolini effettuò studi sistematici e pressoché continui all'interno del Serapeo ed in particolare, grazie all'installazione di un idrometro all'imboccatura del canale di collegamento col mare (Canale La Vega) che per 23 anni registrò le variazioni del livello marino rispetto al pavimento del monumento. Gli studi archeologici e i dati idrometrici raccolti gli permisero di ricostruire la famosa curva di variazione, detta dei "tre periodi" riportata in figura 2 [Niccolini, 1846].

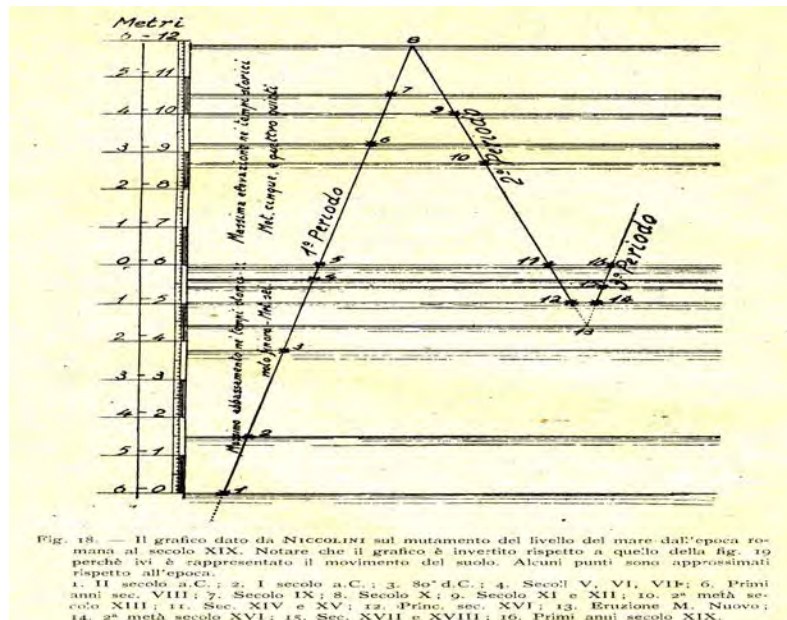


Figura 2. Grafico dei tre periodi di Niccolini del 1839 [da Parascandola, 1947].

Il grafico ricostruito da Niccolini aveva come riferimento la quota del pavimento del Serapeo e si basava essenzialmente sugli studi archeologici di manufatti costieri che, dall' Epoca Romana al XV secolo, rimasero sommersi fino a 12 metri sotto il livello del mare, le cui variazioni secolari, secondo l'autore, causarono tale condizione. La forte inversione dell'andamento tra il secondo e terzo periodo, intorno al XVI secolo, fu associata al ben noto sollevamento del suolo prima dell'eruzione di Monte Nuovo del 1538.

Le prime di una lunga serie di misure quantitative della profondità del pavimento del Serapeo dal livello del mare furono eseguite a partire dal 1819 [Smith, 1847].

Gli studi archeologici integrati dai dati delle variazioni del livello del mare sul pavimento del Serapeo, raccolti tra il XIX e gli inizi del XX secolo, stimolarono vari studiosi dell'epoca a cimentarsi nella ricostruzione storica dei movimenti verticali del suolo, finalizzando le loro ricerche alla conoscenza ed interpretazione delle cause del fenomeno in atto [Capocci, 1835; Forbes, 1829; Günther, 1903; Pilla, 1838; Tenore, 1842; Suess, 1883].

Charles Lyell nella sua opera "Principles of Geology", pubblicata nel 1850, per primo interpretò il movimento del Serapeo come esempio classico di oscillazione del suolo e non del livello del mare, limitato alla zona flegrea [Lyell, 1850].

Successivamente a Niccolini, molti furono gli autori che proposero interpretazioni del fenomeno più o meno attendibili e fra i più noti ricordiamo E. Suess [1883], R.T. Günther [1903] e A. Parascandola [1947]. I risultati ottenuti dalle varie metodologie di studio suscitavano grande interesse e innescarono accese discussioni nella comunità scientifica dell'epoca, come risulta dalla VII Adunanza degli Scienziati Italiani tenuta a Napoli nel 1845, in cui erano presenti congressisti della sezione di Geologia e Mineralogia.

Alla fine del XIX secolo anche Giuseppe Mercalli manifestò il suo interesse per i fenomeni vulcanici dei Campi Flegrei pubblicando le sue teorie, riguardanti le varie fasi bradisismiche, nell'opera "Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia" del 1883. Il dibattito scientifico, scaturito sin dall'inizio degli scavi del Serapeo, grazie a Giuseppe Mercalli ha prodotto un significativo cambiamento nell'approccio quantitativo per lo studio del bradisisma flegreo. In occasione del Congresso Geografico del 1904 Mercalli manifestò infatti la

necessità di rilevare, con metodologie di precisione, i movimenti del suolo lungo il litorale flegreo tra Napoli, Pozzuoli e Capo Miseno. Di seguito si riporta uno stralcio del suo importante intervento al Congresso del 1904 [Mercalli, 1883] (in corsivo il testo originale):

“La lettura di un recente interessantissimo lavoro del sig. R. Gunther, sui lenti movimenti nel Golfo di Napoli, mi fece pensare al deplorabile abbandono in cui è lasciato il Serapeo di Pozzuoli; poiché l’acqua del mare, a ogni forte mareggiata, entra nell’edificio, ed essendo il canale di efflusso in gran parte ostruito dalla sabbia, vi rimane stagnante per giornate intere, convertendolo in una malsana palude, dove confluiscono pure le acque di spurgo dei Bagni e delle case private che circondano, deturpandolo, il prezioso monumento.

Roberto Mallet, il fondatore della sismologia moderna, avendo visitato il Serapeo in principio del 1858, perché si dicevano avvenuti in esso rapidi spostamenti del suolo in coincidenza col gran terremoto napoletano del 16 dicembre dell’anno precedente, si lamentava di non avere potuto prendere nessuna misura esatta, mancando i dati necessari di riferimento. E perciò dirigeva in data 3 marzo 1858 una lettera al sig. Bianchini, allora Ministro dell’Interno del Regno di Napoli, interessandolo che per il vantaggio della scienza, facesse eseguire il livellamento in strumentale necessario per stabilire non solo presso il Serapeo, ma in molti altri punti della spiaggia tra Napoli e Roma, dei segnali, a cui riferire le variazioni di livello, che avvengono in questa regione. In questi suggerimenti, conclude il Mallet, so che sarei appoggiato dall’opinione di tutti i più grandi geologi e fisici europei, come pure, senza dubbio, da quelli del Regno di Sua Maestà.

Ma pur troppo sono passati 45 anni, e la proposta del Mallet è rimasta lettera morta.”



Figura 3. Immagini del Serapeo nel 1860 ed oggi: in evidenza le tre colonne con le parti scure per i fori dei litodomi. Il pavimento nel 1860 fu coperto da una colmata di sabbia, per consentirne l’accesso ai visitatori nonostante fosse sommerso. Esso è attualmente prossimo al livello del mare. A destra una fotografia attuale con fori di litodomi presenti al centro della colonna centrale; al centro della colonna, nella zona non invasa dai litodomi, si nota invece il caposaldo altimetrico (puntino nero) installato nel 1905 dall’IGM.

L’intervento di Mercalli prosegue con una cronistoria delle misurazioni del livello dell’acqua sul pavimento del Serapeo eseguite da vari autori:

“Da tutte queste osservazioni si può soltanto concludere che l’abbassamento del suolo, presso il Serapeo, continua, e che avviene con velocità variabile. Ma niente si può dire di più preciso. È quindi evidente la necessità di iniziare una buona volta delle ricerche veramente rigorose e complete su questo fenomeno tanto interessante per la geologia.

Secondo me, è assolutamente necessario:

1° Determinare con una livellazione di precisione la posizione attuale del pavimento del Serapeo, sotto il livello medio del mare, e porre nell’edificio stesso un segnale, che indichi tale determinazione e che serva come punto di riferimento per l’avvenire.

2° Ripetere poi le osservazioni opportune per un certo numero d'anni, almeno tre o quattro volte l'anno, e possibilmente più frequentemente, per verificare se l'abbassamento continua e con quale legge."

Mercalli conclude così il suo intervento:

"Se il Congresso riconosce vantaggiosa per la scienza queste mie proposte, io vorrei che trovasse modo di sollecitare l'azione del Governo o di qualche Istituto scientifico da lui dipendente, per la loro esecuzione; poiché un privato, come me, non può certamente mandarle ad effetto.

Napoli, aprile 1904."

In seguito a quest'intervento, nel 1905, l'Istituto Geografico Militare (IGM) fu incaricato di realizzare una linea di livellazione lungo la strada costiera che collega Napoli-Mergellina al Serapeo di Pozzuoli e di eseguire una prima campagna di misure altimetriche di precisione lungo il litorale flegreo, imponendo come riferimento la quota del caposaldo installato a Napoli-Mergellina "Torretta di Chiaia".

Due anni dopo, nel 1907, tale linea fu prolungata e misurata, sempre lungo la strada costiera, da Pozzuoli-Serapeo fino al faro di Miseno imponendo come riferimento la quota del caposaldo installato nel Serapeo misurata nel 1905.

La linea base istituita dall'IGM tra il 1905 e 1907, è dal 1975 parte integrante della linea di livellazione dell'area vulcanica napoletana dell'Osservatorio Vesuviano (Fig. 4 a sinistra), che dal 2001, è Sezione di Napoli dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) [Del Gaudio et al., 2009; 2010].

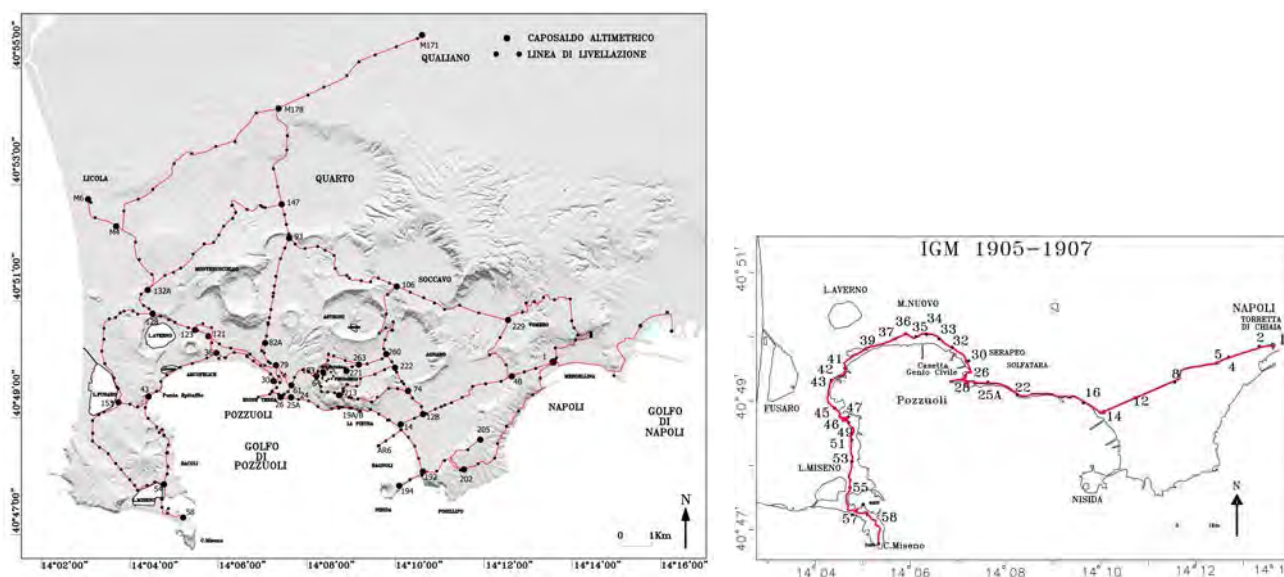


Figura 4. A sinistra è riportata l'attuale linea di livellazione dell'area flegrea; a destra viene riproposta per confronto quella istituita tra il 1905 e 1907 dall'IGM. La numerazione dei capisaldi è quella attuale.

2. Conclusioni

Il forte impulso che Mercalli diede nel 1904 allo studio quantitativo dei movimenti del suolo nell'area flegrea ebbe come primo risultato il coinvolgimento dell'IGM nella raccolta di dati altimetrici lungo tutto il litorale flegreo e, in tempi successivi, il rilievo sistematico ad opera dell'Osservatorio Vesuviano.

Il recupero dell'enorme mole di dati storici acquisiti nell'area e le misurazioni altimetriche disponibili hanno permesso la ricostruzione storica dell'andamento spazio-temporale della componente verticale del campo di deformazione del suolo nella caldera flegrea; un primo dato interessante scaturito da tale studio sancisce che la zona continentale di massima deformazione, a partire dal 1905, corrisponde sempre all'area a

est del Rione Terra a circa 60 m dal Serapeo, i cui movimenti scatenarono il dibattito scientifico nel quale Mercalli fu determinante [Del Gaudio et al. 2010].

Grazie al rilievo effettuato dall'IGM del 1919 lungo tutta la linea costiera è stato possibile, inoltre, estrapolare le quote del 1905 dei capisaldi ad ovest di Pozzuoli, numerati dal 30 (Serapeo) al 58 (Chiesa di San Sossio a Miseno) con un prolungamento fino al Faro (Fig. 4 a destra). In particolare, imponendo come riferimento relativo per le livellazioni del 1907 e 1919, il caposaldo “Faro di Miseno” ed utilizzando un modello geometrico deformativo della caldera flegrea dal 1905 al 2002, sono state calcolate le probabili quote relative al 1905 di tali capisaldi [Del Gaudio et al., 2010; Orsi et al., 1999]. Inoltre, le quote dei capisaldi installati tra il 1905 e 1907 lungo la linea di costa hanno consentito il calcolo della loro variazione rispetto ad altre serie di misure eseguite nell'area, per cui è possibile tracciare la curva della deformazione residua dei movimenti verticali del suolo lungo la fascia costiera da Napoli a Miseno (linea suggerita dal Mercalli) tra il 1905 ed il 2013 (fig. 5).

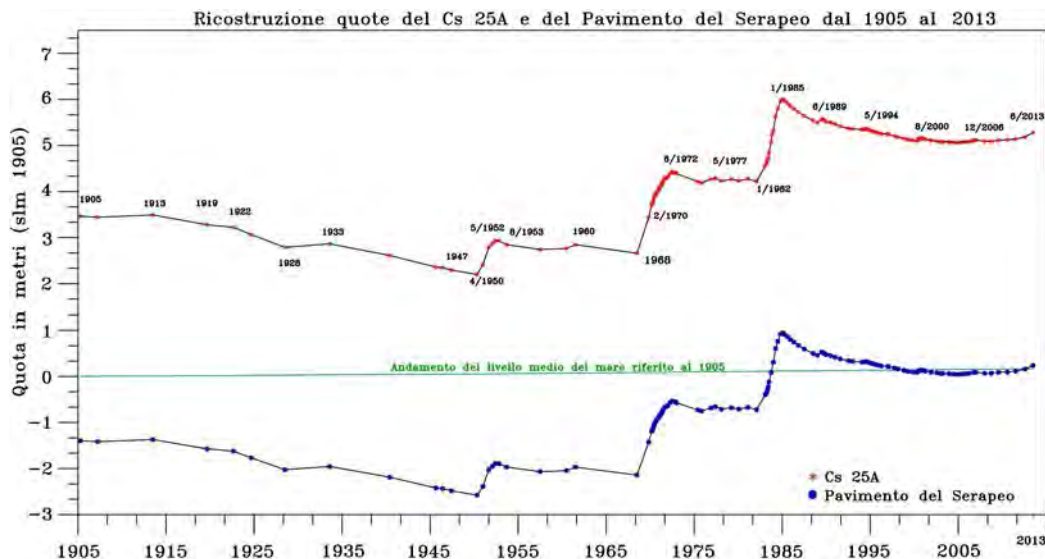


Figura 4. Ricostruzione storica delle variazioni di quota del pavimento del Serapeo e del caposaldo altimetrico Cs. 25A localizzato ad Est del Rione Terra, nell'area di massima deformazione verticale della caldera flegrea. Sono evidenti la lunga subsidenza che ha interessato l'area fino al 1949, le 3 grandi crisi bradisismiche con sollevamenti del suolo dell'ordine dei metri (1949-1952, 1969-1972 e 1982-1985) nonché le numerose crisi minori che si sono succedute fino ad oggi [Del Gaudio et al. 2010, aggiornato al 2013].

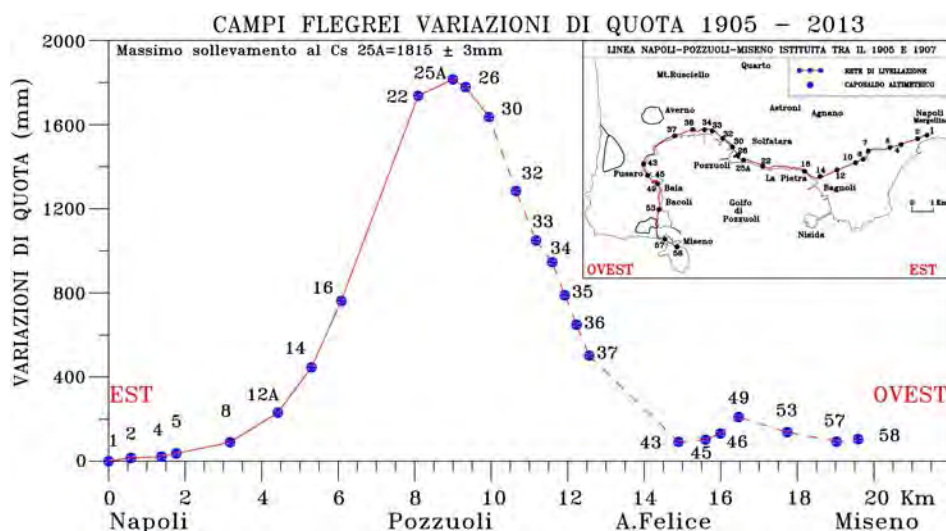


Figura 5. Ricostruzione storica della curva della deformazione residua dei movimenti verticali del suolo lungo la fascia costiera da Napoli a Miseno nel periodo 1905 – 2013. L'errore massimo è stato calcolato al caposaldo 58 ($E_{max} = \pm 6.6$ mm). Nell'inserto la mappa di figura 4 a destra.

Bibliografia

- Babbage, C., (1847). *Observations on the Temple of Serapis at Pozzuoli near Naples*. Quart. Journ. Geol. Soc. 1847, vol. III, pp. 203.
- Breislak, S., (1792). *Essais minéralogiques sur la Solfataire de Pouzzole*. Napoli.
- Breislak, S., (1798). *Topografia fisica della Campania*. Firenze.
- Breislak, S., (1801). *Voyages physiques et lytologiques dans la Campanie*. Paris, tomo II (p. 167).
- Capocci, E., (1835). *Nuove ricerche sul noto fenomeno delle colonne perforate dalle foladi nel tempio di Serapide in Pozzuoli*. Il Progresso delle Scienze, Lettere ed Arti. Vol.XI. Napoli, pp. 66.
- Caristie (1816). *Memoire sur l'edifice antique connù à Pouzzoles sous le nom de temple de Serapis* (con disegni). Manoscritto conservato a Parigi, nella biblioteca della Suola delle Belle Arti. Gli appunto per questo lavoro sono conservati alla Biblioteca Nazionale di Parigi, sotto il titolo: *Extraits relatifs à Pouzzoles et au temple de Jupiter Serapis*.
- De Jorio, A., (1820). *Ricerche sul tempio di Serapide in Pozzuoli*. Monumenti inediti di Antichità e belle Arti. Napoli, 1820, 1 e 2.
- Del Gaudio, C., Aquino, I., Ricciardi, G.P., Ricco, C., Scandone, R., (2010). *Unrest episodes at Campi Flegrei: A reconstruction of vertical ground movements during 1905-2009*. JVGR, 195:48-56.
- Del Gaudio, C., Aquino, I., Ricco, C., Serio, C., (2009). *Monitoraggio Geodetico dell'Area Vulcanica Napoletana: Risultati della Livellazione Geometrica di Precisione Eseguita ai Campi Flegrei a Settembre 2008*. Quaderni di Geofisica n. 66. ISSN: 1590-2595
- Forbes, J.D., (1829). *Physical notice in the Bay of Naples; Number 5, On the Temple of Juppiter Serapis at Pozzuoli and the phenomena which it exhibits*: Edinburg Journal of Science, v.1:260-286.
- Günther, R.T., (1903). *Contribution to the study of Earth-Movements in the Bay of Naples*. Oxford, 1903; Westminster, 1903; Rome, 1903 (Arch. Stor. Prov. Napoletane), Napoli.
- Hamilton, W., (1776). *CAMPI PHLEGRAEI - Osservazioni sui vulcani delle Due Sicilie*. Napoli 1776.
- Istituto Geografico Militare (IGM) Servizio Geodetico (1905). *Dati altimetrici riguardanti i Capisaldi di livellazione geometrica determinati nel 1905 lungo la linea 64 bis, Città di Napoli, con deviazione fino a Pozzuoli*. Monografia IGM.
- Istituto Geografico Militare (IGM) Servizio Geodetico (1907). *Dati altimetrici riguardanti i Caposaldi di livellazione geometrica determinati nel 1907 lungo la linea Pozzuoli-Capo Miseno*. Monografia IGM.
- Istituto Geografico Militare (IGM) Servizio Geodetico (1919). *Dati altimetrici riguardanti i Caposaldi di livellazione geometrica determinati nel 1919 lungo la linea Torretta di Chiaia-Pozzuoli-Miseno*. Monografia IGM.
- Letizia, F.A., (1774). *L'Antichità di Pozzuolo nei disegni inediti di F.A. Letizia (1774) a cura di Giancarlo Lacerenza*. Sezione Editoriale Puteoli A.C.S.T. – Pozzuoli 1991.
- Lyell, C. (1850). *Principles of Geology*. London, 1850, pp 489-498.
- Mercalli, G., (1883). *Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia*. Milano.
- Mercalli, G., (1905). *Per lo studio dei lenti movimenti del suolo presso il Serapeo di Pozzuoli*. Relazione del Prof. G. Mercalli in Atti del V Congresso Geografico Italiano – Napoli 6-11 Aprile 1904, vol 2° - sez. 1- scientifica – pag 266-270. Napoli.
- Niccolini, A., (1829). *Rapporto sulle acque che invadono il pavimento dell'antico edificio detto tempio di Giove Serapide*. Stamperia Reale, Napoli.
- Niccolini, A., (1839). *Tavola metrica-cronologica delle varie altezze tracciate dalla superficie del mare fra la costa di Amalfi ed il promontorio di Gaeta nel corso di diciannove secoli*.- Napoli, Tip. Flautina 1839.
- Niccolini, A., (1846). *Descrizione della Gran Terma Puteolana, volgarmente detta Tempio di Serapide, preceduta da Taluni Cenni Storici per servire alla delucidazione de' Fenomeni Geologici, e de' Problemi Architettonici di quel celebre Monumento e Considerazioni su i laghi Maremmani*. Letta in diverse memorie dal Cav. Antonio Niccolini nella Reale Accademia delle belle arti, ed approvata pel primo volume degli atti nella tornata del dì 2 Aprile 1845. – Stamperia Reale Napoli 1846.
- Orsi, G., Civetta, L., Del Gaudio, C., de Vita, S., Di Vito, M.A., Isaia, R., Petrazzuoli, S.M., Ricciardi, G.P., Ricco, C., (1999). *Short-term deformations and seismicity in the resurgent Campi Flegrei caldera (Italy): an example of active block-resurgence in a densely populated area*. JVGR, 91:415-451.
- Parascandola, A., (1947). *I fenomeni bradisismici del Serapeo di Pozzuoli*. Stab. Tip. G. Genovese, Napoli.

- Pilla, L., (1838). *Sulla questione del Serapeo toccata dal Cav. Tenore nel precedente fascicolo di questo giornale*. Il Progresso delle Scienze, Lettere ed Arti. N. S. Anno VII. Vol XIX. N.38 (marzo aprile): 243-245.
- Smith, J., (1847). *On recent Depression in the Land*. *Quarterly Journal of the Geological Society*; 1847; v. 3; issue.1-2; p. 234-240, London, February 3, 1847.
- Suess, E., (1883). *Das Antlitz der Erde*. Leipzig. Ed. francese della I ediz. tedesca, trad.di De Margerie E., vol. 2°:598-638, Paris.
- Tenore, M., (1842). *Intorno ad un passo degli “Elementi di geologia” del Signor Lyell relativo al Serapeo di Pozzuoli*. Rend. Acc. Sc. Nap.: 415 -419.

Giuseppe Mercalli e l'eruzione del Vesuvio del 1906

De Lucia M., Ricciardi G.P.

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

Introduzione

L'eruzione del Vesuvio del 1906 fu la più importante del XX secolo. Colate di lava e forti fasi esplosive si avvicendarono portando distruzione e morte in ampi settori dell'area vesuviana.

Nel 1906 Giuseppe Mercalli risiedeva a Napoli dove era docente di Scienze Naturali presso il Liceo Vittorio Emanuele II. Seguiva quotidianamente, con indagini sul campo, l'attività vulcanica del Vesuvio, e ne riportava le osservazioni nelle *Notizie Vesuviane*, articoli periodici pubblicati nel *Bollettino della Società Sismologica Italiana*.

La descrizione dell'eruzione del 1906 fu oggetto di due presentazioni dello scienziato presso l'Accademia dei Lincei, il 20 maggio e il 20 luglio dello stesso anno [Mercalli, 1906]. Per Mercalli l'eruzione poteva essere considerata "*la crisi finale d'un afflusso lavico sub terminale cominciato la sera del 27 maggio 1905*" [Mercalli, 1906] e continuato per circa dieci mesi.

Nei giorni immediatamente precedenti l'evento l'attività stromboliana era stata particolarmente forte e la risalita di magma talmente copiosa da raggiungere l'interno del cratere, nonostante la presenza di una bocca laterale posta a quota inferiore. Questi elementi facevano pensare all'imminenza di un'eruzione molto vigorosa. Una nuova bocca si aprì infatti il 4 aprile. Quel giorno Mercalli si recò sulla cima del vulcano per osservare i fenomeni in atto, che manifestavano un'intensità crescente, e si accorse che nel corso della giornata la frattura andava estendendosi (fig. 1). Con meticolosità e accuratezza, per tutta la durata dell'eruzione, lo studioso continuò a osservare e annotare ciò che stava accadendo (aperture di altre fratture eruttive, incremento dell'energia delle esplosioni, distribuzione dei depositi piroclastici, variazione della morfologia dell'edificio vulcanico, velocità di scorrimento delle lave, caratterizzazione chimica e mineralogica delle lave e dei prodotti piroclastici). Interessante è il tentativo di elaborare, in analogia con la sua scala di intensità dei terremoti, una scala delle intensità eruttive, suddivisa in dieci gradi, con la quale rappresentò l'andamento dell'eruzione (fig. 2). Tuttavia questo tipo di analisi non fu ulteriormente sviluppato, anche perché il Vesuvio, poco dopo, entrò in un lungo periodo di riposo.



Figura 1. La frattura eruttiva del 4 aprile 1906, probabilmente fotografata da Mercalli durante l'eruzione (Archivio storico Reale Osservatorio Vesuviano).

Il 7 aprile, allarmato dai forti boati avvertiti fino a Napoli, Mercalli si recò a Boscotrecase e da qui osservò il parossismo in corso. Egli riteneva che l'alimentazione contemporanea di più bocche poste a quote diverse indicasse una risalita rapida del magma nel condotto centrale, che si sarebbe manifestata con fenomeni ancora più imponenti. Nella notte tra il 7 e l'8 aprile si verificò infatti lo sprofondamento della

piattaforma craterica e l'inizio della fase vulcaniana dell'eruzione. Si era al culmine dell'evento, con esplosioni laterali, copiose ricadute di frammenti piroclastici, anche di grandi dimensioni, a Ottaviano e S. Giuseppe Vesuviano (fig. 3). Fu in questa località che morirono, per il crollo del tetto di una chiesa causato dal sovraccarico esercitato dall'accumulo dei frammenti, novantaquattro delle duecentoventisei vittime dell'eruzione [Comitato Centrale di Soccorso, 1908].

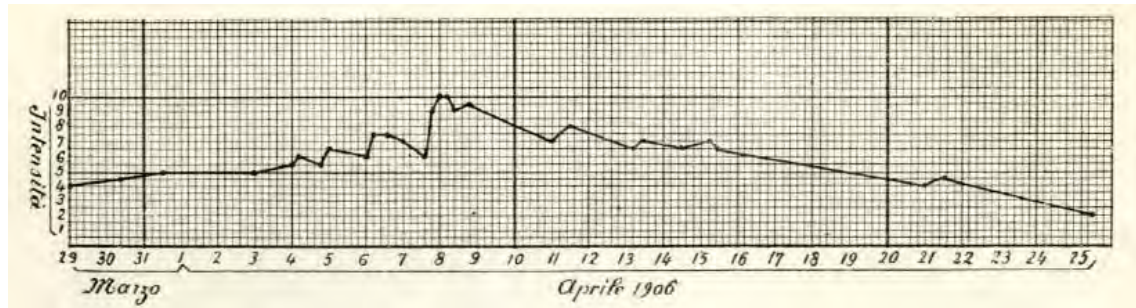


Figura 2. Cronogramma dell'intensità eruttiva durante l'eruzione del 1906. L'intensità massima (10) è raggiunta l'8 aprile (Archivio storico Reale Osservatorio Vesuviano).



Figura 3. Grosso blocco eruttato durante la fase parossistica dell'eruzione (Archivio storico Reale Osservatorio Vesuviano).

Nei giorni successivi Mercalli tornò più volte nell'area vesuviana, senza trascurare di rilevare anche quanto accadeva a Napoli. Il 9 aprile, ipotizzò che la fase parossistica dell'eruzione fosse ormai conclusa, fatto che venne confermato dal progressivo decremento dell'attività. Per Mercalli il Vesuvio sarebbe entrato in una fase di quiescenza, determinata dall'ostruzione del condotto "*a seguito dell'abbassamento della colonna lavica e al conseguente collasso delle pareti*" [Mercalli, 1906]. La fine dell'eruzione non significava tuttavia che il pericolo fosse ormai scampato: lo scienziato mise in guardia autorità e cittadini dai rischi derivanti dai temporali che, impregnando le ceneri vulcaniche appena deposte, avrebbero innescato "*impetuosi torrenti di fango e di massi, che generano talvolta danni più gravi che le lave di fuoco*" [Mercalli, 1906]. Quanto era stato ipotizzato si verificò effettivamente, nei giorni 27-28 aprile e 17-18 maggio.

Mercalli, nel riferire quanto stava accadendo all'Osservatorio Vesuviano, fece raramente riferimento al suo direttore, Raffaele Matteucci, peraltro senza mai nominarlo [Mercalli, 1906]. Al contrario, riportò frequentemente osservazioni di conoscenti o amici. Questo testimonia l'antico astio tra i due scienziati, originato a seguito delle varie dispute scientifiche sull'origine di alcuni fenomeni vulcanici e del concorso per la nomina a direttore dell'Osservatorio Vesuviano, svoltosi nel 1902 e vinto da Matteucci [Malladra, 1914].

1. Cronaca dell'eruzione

4 – 5 aprile

Si aprì una frattura sul fianco sud orientale del vulcano, cominciò a scorrere lava verso Boscotrecase. Nel cratere centrale franò il conetto interno e aumentarono le esplosioni. Una sottile coltre di cenere cadde sui paesi della costa.

“Poco dopo mezzogiorno, mentre io mi trovavo presso questa bocca nuova, ... un fatto mi impressionava, ed era che io sentivo, a brevi intervalli, sussultare fortemente il suolo sotto i miei piedi. ... Fu allora che la guida che mi accompagnava, ripeteva con insistenza: ‘Professore, andiamo - che il Vesuvio è brutto oggi’.” [Mercalli, 1906].

Nella notte tra il 4 e 5 aprile le esplosioni e i boati aumentarono d'intensità; si aprì una nuova frattura, a valle della precedente. Dalla nube eruttiva che si ergeva alta sul vulcano cadde cenere su Napoli.

“La città, fino a mezzogiorno, è stata all'ombra del gigantesco nuvolone che, partendo dal cono, si allargava a ventaglio nel cielo torbido, e tutti i passanti, e le vetture, e i fanali, erano incipriati dalla bizzarra polvere grigiastra.” [Il Giornale, 6 aprile 1906].

5 – 6 aprile

L'attività esplosiva aumentò d'intensità. Le lave si dirigevano verso Boscotrecase, distruggendo casali e vigneti. Si organizzarono processioni religiose per invocare l'arresto della lava, molti abbandonarono le proprie case.

“A un tratto, sotto la pioggia greve, ... È la S. Anna dell'Oratorio di Boscotrecase che torna dallo scongiuro alla lava. Una turba di donne oranti la segue intonando con voce di pianto le litanie.” [Il Mattino, 7-8 aprile 1906].

La sera del 7 aprile cominciò una vigorosa fase eruttiva al cratere centrale. Fontane di lava si sollevarono fino a due chilometri. Le colate raggiunsero il quartiere S. Anna, a Boscotrecase, e proseguirono verso Torre Annunziata. Nella notte tra il 7 e l'8 aprile due forti terremoti, accompagnati da boati simili a detonazioni, annunciarono il crollo della parte superiore del condotto eruttivo.

“Allora cominciò la lotta titanica tra il materiale solido, che continuava a franare, e la forza elastica delle correnti gassose, che lo ricacciavano fuori, insieme a pochi brani di lava fluida, proiettandolo ad altezze vertiginose.” [Mercalli, 1906].



Figura 4. L'Osservatorio Vesuviano durante la fase parossistica dell'eruzione del 1906 (Archivio storico Reale Osservatorio Vesuviano).

8 aprile

Le colate laviche si arrestarono poco prima di Torre Annunziata, ma l'eruzione era al culmine (fig. 4). Sul Vesuvio si elevava una nube piroclastica nerastra, alta oltre dieci chilometri, da cui cadeva cenere su Ottaviano, S. Giuseppe Vesuviano, Somma Vesuviana, Terzigno, che raggiunse spessori di circa un metro. Crollarono le case per l'accumulo delle ceneri sui tetti. Scosse sismiche, boati e tremori proseguirono per tutto il giorno. La popolazione, terrorizzata, si rifugiò nelle chiese per trovare conforto, ma fu la chiesa di S. Giuseppe Vesuviano a crollare, provocando novantaquattro vittime. Molti fuggirono.

“Si dice che la storia è la maestra della vita; eppure queste storie ... pare che nulla avessero insegnato. Speriamo che almeno ora ne traggano qualche utile ammonimento...” [Mercalli, 1906].

9 aprile

Una nube densa di cenere si riversò su Portici e Resina. Sul fianco del vulcano si formarono valanghe incandescenti di detriti. Intanto il direttore dell'Osservatorio Vesuviano, Raffaele Vittorio Matteucci, dal Vesuvio inviava telegrammi più volte al giorno per informare le autorità, la stampa e la popolazione sugli eventi in corso.

“I telegrammi quotidiani venivano stampati come manifesti e prontamente affissi a Napoli e in tutte le città vesuviane, e si può ben immaginare l'effetto tranquillizzante di resoconti attendibili dal fronte dell'eruzione.” [Perret, 1924].

La solidarietà popolare si organizzò prontamente, quella statale, con qualche difficoltà. Al termine dell'eruzione la cifra raccolta fu di tre milioni di lire.

10 – 11 aprile

La pioggia di ceneri proseguiva nella zona costiera e interessò anche Napoli, provocando il crollo della tettoia del mercato di Monteoliveto e undici vittime (fig. 5). Fu interrotta la circolazione dei treni. I soccorsi tardarono ad arrivare e furono insufficienti.



Figura 5. Pagina del quotidiano napoletano *Il Mattino* del giorno 11-12 aprile 1906 con articolo sul crollo della tettoia del mercato di Monteoliveto a Napoli.

“Arriva un battaglione di soldati perché lo sgombero delle macerie sia più rapido ... il popolo comincia a ribellarsi e a tumultuare.” [La Tribuna, 11 aprile 1906].

Tuttavia, l'11 aprile la fase parossistica dell'eruzione era ormai terminata. Il materiale franato all'interno del cratere aveva parzialmente ostruito il condotto.

12 – 16 aprile

La pioggia di cenere continuava a tratti, con scosse sismiche anche forti. Il cono vulcanico aveva cambiato aspetto: la sua altezza si era ridotta di duecento metri. Il re, Vittorio Emanuele III, e la regina visitarono i luoghi del disastro. Il Governo nominò il Comitato Centrale di Soccorso per coordinare gli interventi, raccogliere donazioni, distribuire sussidi. In poco tempo si realizzarono ricoveri per gli sfollati, si liberarono le strade dalle macerie e dalla cenere, si progettaronο successivi provvedimenti come le bonifiche dei versanti e la costruzione di baracche per i senzatetto.

Il 14 aprile uno sciame sismico generò forte inquietudine nella popolazione. La cenere cadeva ancora sui versanti orientali del vulcano. Mercalli avvisò i napoletani del cessato pericolo, ma allo stesso tempo avvertì le autorità e i cittadini vesuviani della concreta possibilità che si formassero colate di fango in seguito ad acquazzoni, perché si prendessero gli opportuni provvedimenti.

“Molti danni hanno cagionato questi torrenti di fango nei tempi passati; quindi non vi è da aspettare per correre agli opportuni ripari.” [La Tribuna, 13 aprile 1906].

17 – 30 aprile

Le emissioni di cenere dal cratere diminuirono di intensità e frequenza, come le scosse sismiche. Si contavano i danni e proseguivano le operazioni di ripristino del territorio. Il 24 aprile l'eruzione era finita. I fianchi occidentali e settentrionali del vulcano apparivano solcati da profondi valloni, incisi nei depositi piroclastici. I forti temporali dei giorni successivi innescarono le temute colate di fango, che distrussero strade, ponti e abitazioni.

2. Dopo l'eruzione

Il bilancio ufficiale delle vittime fu di 226 morti, ma quello reale fu certamente più alto perché molti corpi non furono ritrovati. L'effetto dell'eruzione sul tessuto sociale ed economico fu devastante, per la distruzione di oltre 240.000 ettari di terreni coltivati, case e infrastrutture (figg. 6, 7, 8).



Figure 6, 7 e 8. Giuseppe Mercalli con altri studiosi effettuano sopralluoghi sulle lave dell'eruzione del 1906. Nella foto destra è in prossimità di una casa distrutta, in quella in basso a sinistra è in prossimità dei binari distrutti della funicolare (Archivio storico Reale Osservatorio Vesuviano).

L'eruzione vesuviana del 1906 fu anche una delle più studiate: furono molti, anche di studiosi stranieri, i resoconti scientifici sull'evento. Tuttavia, gli scienziati coinvolti in prima persona furono Giuseppe Mercalli e Raffaele Matteucci. Non vi fu collaborazione tra i due ma neppure tra loro e le autorità. Mercalli,

molto noto, fu intervistato da parecchie testate, come *Il Giorno*, di Matilde Serao, e, con lucide previsioni sull'andamento dell'evento, contribuì a diminuire il panico nella popolazione, e a prevenire ulteriori danni. Raffaele Matteucci, come direttore dell'Osservatorio Vesuviano, ebbe le maggiori responsabilità. Fu costantemente presente in sede, insieme al suo collaboratore Frank Perret e pochi carabinieri, nonostante il pericolo e il disagio. Per il suo coraggio e per la costante opera di informazione alle autorità dei fenomeni in atto, mediante bollettini che inviava con il telegrafo più volte al giorno, fu considerato un eroe popolare, ricevendo anche una medaglia d'oro al valor civile. Nonostante ciò, non riuscì a ottenere i finanziamenti richiesti per migliorare lo stato e la strumentazione della struttura da lui diretta.

Dopo l'eruzione il Vesuvio entrò in una fase di riposo che durò circa sette anni. Durante questo periodo si verificarono comunque forti terremoti e variazioni significative della temperatura delle fumarole, come quella registrata tra marzo e settembre 1908, da 344°C a 435°C. [Mercalli, 1908].

In quel periodo il fenomeno geologico più interessante per Mercalli erano le frequenti frane interne al cratere, spesso accompagnate da boati. Ciò che allarmava maggiormente la popolazione dell'area vesuviana erano invece i "torrenti di fango", che avevano origine ogni volta che forti piogge smuovevano i prodotti vulcanici sciolti depositati sui pendii del Gran Cono. Nei mesi successivi all'eruzione le colate di fango si riversarono in più occasioni: nell'autunno 1906, nei mesi di gennaio e ottobre 1907, ad aprile e ottobre del 1908, causando, oltre ai danni agli abitati, alle strade e alle coltivazioni, anche numerose perdite umane.

Mercalli non si limitò a osservare e studiare, individuandone l'origine, questi fenomeni, ma suggerì anche delle possibili soluzioni per mitigarne il rischio. Evidenziò che le briglie e le dighe costruite allo scopo di trattenere il materiale più grosso portato dalle colate di fango riuscivano soltanto a ritardarne gli effetti. Una volta colmate, infatti, il materiale raccolto si sarebbe successivamente riversato, a seguito della rottura per eccessiva pressione. Fu ciò che accadde il 24 ottobre 1908 (fig. 9). Egli ribadì inoltre che queste forme di contenimento non erano solo inutili, ma anche dannose, in quanto alteravano la circolazione idrica superficiale, deviando le acque dagli alvei naturali e provocandone la dispersione su aree più estese. A suo parere, si sarebbero dovute irreggimentare a monte le acque in modo da costringerle nei loro assi di scorrimento naturali, opportunamente ripristinati [Mercalli, 1908]. Lo scienziato criticò duramente l'operato del Genio Civile, che aveva proceduto imbrigliando le acque a valle, augurandosi che "*le future alluvioni mi diano torto, perché quelle passate mi danno, purtroppo, cento ragioni*" [Mercalli, 1908].

Mercalli deplorò anche la mancanza di iniziative da parte delle autorità per mettere in sicurezza la popolazione dal pericolo delle mofete, diffuse emissioni di anidride carbonica. Anche in questo caso i suoi avvertimenti furono inascoltati, e alcune persone morirono asfissiate in luoghi bassi o scantinati.



Figura 9. Gli effetti del nubifragio del 24 ottobre 1908 a Portici. Le strade furono coperte da detriti vulcanici depositati da colate di fango spesse oltre un metro (Archivio storico Reale Osservatorio Vesuviano).

Bibliografia

- Comitato Centrale di Soccorso, (1908). *Eruzione vesuviana del 1906. Relazione del Comitato Centrale di Soccorso*. Stabilimento Tipografico Vesuviano E. Della Torre, Portici, 80 pp.
- Malladra, A., (1914). *L'attività scientifica di Giuseppe Mercalli*. Rassegna Nazionale, 200, pp. 42-63, Firenze.
- Mercalli, G., (1906). *La grande eruzione vesuviana cominciata il 4 aprile 1906*. Memorie della Pontificia Accademia dei Nuovi Lincei, vol. XXIV, 308–338.
- Mercalli, G., (1908). *Il Vesuvio dopo l'eruzione del 1906*, Natura ed Arte vol. XVIII.
- Perret, F.A., (1924). *The Vesuvius Eruption of 1906. Study of a Volcanic Cycle*. Carnegie Institution of Washington, 151 pp.
- Ricciardi, G.P., De Lucia, M. and Russo, M., (2006). *Vesuvio 1906. Cronaca di un'eruzione*. DVD, INGV Osservatorio Vesuviano, Emeroteca - Biblioteca Tucci.

Mercalli e la sismicità dell'isola d'Ischia

Cubellis E.

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

Introduzione

Il primo lavoro di Mercalli da sismologo contiene un'analisi della sismicità nell'isola d'Ischia, dal 1228 al 1881 [Luongo et al., 1987; 2006; 2012a; 2012b; Cubellis e Luongo, 1998]. Mercalli classificherà i terremoti d'Ischia tra i *“terremoti vulcanici propriamente detti”* perché ritenuti collegati direttamente all'attività magmatica, per la loro collocazione alla base dell'Epomeo (Fig. 1), considerato l'apparato vulcanico attivo dell'Isola, per la loro superficialità dedotta dalla piccola dimensione dell'area epicentrale, per la corrispondenza temporale tra attività sismica e manifestazioni idrotermali. Egli afferma : *“L'Epomeo non riceve i terremoti da altri radianti, ma è esso stesso centro e radiante sismico dei terremoti ischiani”* [Mercalli, 1881]. Nello studio del terremoto del 28 luglio 1883 Mercalli parte da un'analisi della geologia dell'isola e della storia dei fenomeni sismo-vulcanici: *“Per ben studiare un terremoto giova assai il conoscere la geologia del paese che ne è colpito, ...”*. Mercalli nel suo lavoro sul terremoto del 1883 dedica un intero capitolo all'Epomeo, struttura rilevante nella dinamica dell'isola, a partire dalla topografia, alla forma, ai terreni che lo costituiscono: *“L'Epomeo si eleva di 792 metri sul livello del mare. Facilmente se ne riconosce la origine vulcanica. 1. per la forma di cono isolato; 2. perché costituito da tufi pomicei e da lave trachitiche; 3. perché recentemente (nel 1302) s'è visto squarciarsi nei suoi fianchi ed emettere una infocata corrente di lava.”* [Mercalli, 1884]. Nello stesso lavoro Mercalli evidenzia che *“Tutte le eruzioni storiche avvenute sui fianchi dell'Epomeo furono accompagnate da violentissimi terremoti”*.



Figura 1. Isola d'Ischia. Casamicciola dal mare, sullo sfondo il Monte Epomeo (Brogi, 1900/1910).

1. L'evento del 1881 e la catastrofe del 1883

Sarà il terremoto del 4 marzo 1881 (Fig. 2) a suscitare in Mercalli l'interesse ad indagare sulla natura dei terremoti ischitani e del loro rapporto con il vulcanismo. Mercalli studierà questo terremoto utilizzando i dati forniti dai quotidiani e presenterà una nota scientifica alla Società Italiana di Scienze Naturali nella seduta del 27 marzo 1881 [Mercalli, 1881].



Figura 2. Terremoto 1881. Casamicciola - Strada Cuccofriddo (sinistra) (F.lli Alinari) e Strada Speziaria (destra) (coll. priv. G. Fiorentino). [Cubellis e Luongo, 1998].

Al forte terremoto del 1881 seguirà quello del 28 luglio 1883 che distrusse Casamicciola (Fig. 3). Questo sarà il primo terremoto che Mercalli studierà sul campo “... *Dopo la catastrofe del 28 luglio mi portai all'isola d'Ischia per studiarvi gli effetti e per raccogliere le notizie genuine di quel disastroso terremoto. A questo scopo mi fermai nell'isola quattro giorni in settembre e 8 giorni in novembre*” [Mercalli, 1884]. Lo studio del terremoto di Casamicciola del 1883 farà conoscere al mondo scientifico Giuseppe Mercalli, che su questo terremoto produsse una monografia originale e molto apprezzata (Fig. 4).



Figura 3. Terremoto 1883. Casamicciola – Hotel Manzi (sinistra) (Foto Sommer); Pensione Verde dove alloggiava la famiglia di Benedetto Croce (destra) (Foto Mauri, coll. priv. G. Fiorentino). [Cubellis e Luongo, 1998].

Dalle testimonianze raccolte Mercalli trae le seguenti conclusioni: “... *la scossa nei luoghi più danneggiati non fu preceduta immediatamente da rombo, ma invece accompagnata da rombi e detonazioni sotterranee; fu sussultoria ed ondulatoria, e cagionò anche movimenti rotatori del suolo e di vari oggetti... durò 15 secondi e forse più. A Casamicciola fu preceduta di pochi minuti da una piccola scossa con rombo.*”

A Barano, a Testaccio, ad Ischia, al Bagno, un rombo sotterraneo precedette la scossa, la quale fu anche in questi luoghi prima sussultoria, e poi ondulatoria. Fuori dell'isola d'Ischia il terremoto non determinò che leggeri movimenti nel suolo in senso ondulatorio” [Mercalli, 1884].

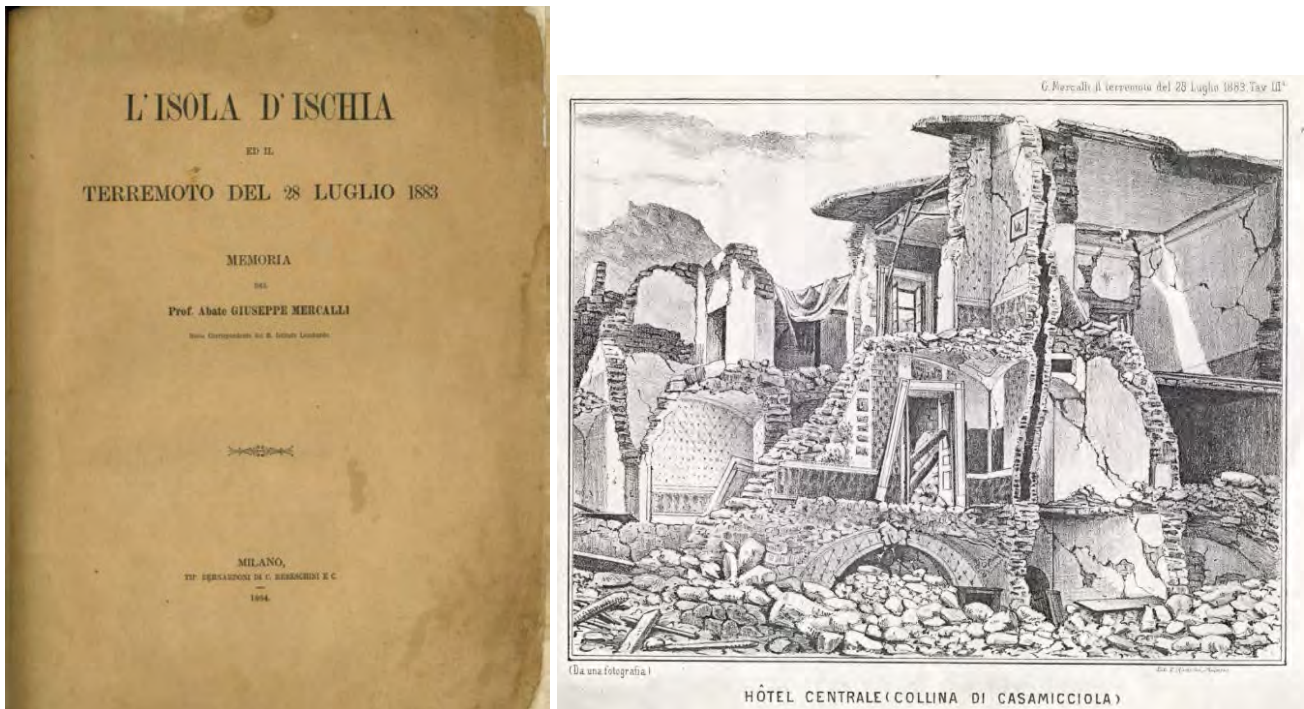


Figura 4. Frontespizio della monografia sul terremoto di Casamicciola del 1883 di Giuseppe Mercalli (sinistra) e litografia sui danni, allegata all'interno della stessa monografia (destra).

2. Sorgente sismica, zonazione ed effetti locali

L'evento del 1883 si verifica in un momento di vivace dibattito scientifico e numerosi furono gli studi sul terremoto per definire la sorgente e le cause di un tale disastro [De Rossi, 1884; Palmieri e Ogliastro, 1884; Johnston-Lavis, 1885]. Alla conclusione del suo studio Mercalli ribadirà l'origine vulcanica dei grandi terremoti ischitani del 1796, 1828, 1881, 1883, definendoli “*veri tentativi falliti di eruzione*” in quanto i fenomeni osservati sarebbero stati prodotti dall'iniezione di magma nelle rocce di copertura che, nel fratturarsi, avrebbero generato le vibrazioni in superficie (Fig. 5). Mercalli nei suoi studi e nella rappresentazione del campo degli effetti dei terremoti sosterrà l'esistenza dei centri di irraggiamento delle perturbazioni sismiche (ipocentri). Il terremoto di Casamicciola sarà localizzato da Mercalli con il metodo introdotto da Mallet [1862] ad una profondità compresa tra 700 e 1700 metri, valore confermato da studi recenti [Cubellis e Luongo, 1998; Luongo et al., 2006].

L'interpretazione di Mercalli sul contributo della geologia agli effetti del terremoto è stata confermata dai risultati di studi recenti relativi al terremoto del 1883 [Carlino et al., 2009]. Mercalli aveva correttamente rilevato che gli edifici con fondazioni su lave e tufi avevano resistito meglio alle sollecitazioni sismiche rispetto a quelle su terreni sciolti. Dall'attenta analisi dei danni Mercalli rilevò che la loro distribuzione sul territorio, a parità di distanza dall'area epicentrale, sarebbe stata influenzata dalla natura del suolo, dalla morfologia e dalle fratture e discontinuità nel sottosuolo. A questi elementi egli aggiunge la cattiva costruzione degli edifici e, nell'osservare il mucchio di rovine di Casamicciola alta, afferma che la “... *causa di tanta rovina non è solo la violenza del terremoto, ma anche la poca solidità delle case e specialmente la scarsità e la cattiva qualità del cemento usato nella loro costruzione*” [Mercalli, 1884]. Mercalli nella scelta delle aree e delle tecniche più adatte per la ricostruzione sull'isola sintetizza le proprie proposte in alcuni “*consigli agli ischiani*”:

1. “*Non fare alcuna costruzione nuova in muratura e neppure riattare quelle lesionate nei luoghi più danneggiati, come Casamicciola alta, Casamonte, Pennella, Mezzavia, Monterone, Ciglio*”;

2. “Non riattare le case e tanto meno le chiese gravemente lesionate in Panza, Fiajano, Fontana, Moropane, Barano, Casamicciola Marina, Lacco inferiore, Forio inferiore”;
3. “Abbatere tutti i secondi e terzi piani... [delle costruzioni presenti nelle aree maggiormente colpite dal sisma]”;
4. “[Nei luoghi più danneggiati] non si facciano costruzioni nuove in muratura ordinaria, ma in legno od in ferro od almeno col sistema delle case baraccate quale è proposto nella Relazione degli Ingegneri Giordano e Comotto al Ministro Genala ... L'edificio sia di un sol piano od al più di due sopra terra...”;
5. “Non si facciano costruzioni... sui terreni in pendio e presso il ciglio delle colline... poco resistenti e franosi. Si preferiscano invece per le costruzioni i luoghi in piano e sulle correnti di trachite”;
6. “Non si facciano nuove costruzioni di nessuna sorta presso la spiaggia del mare; ... nello scegliere le località per le costruzioni si deve tenere calcolo della possibilità di un maremoto...”.

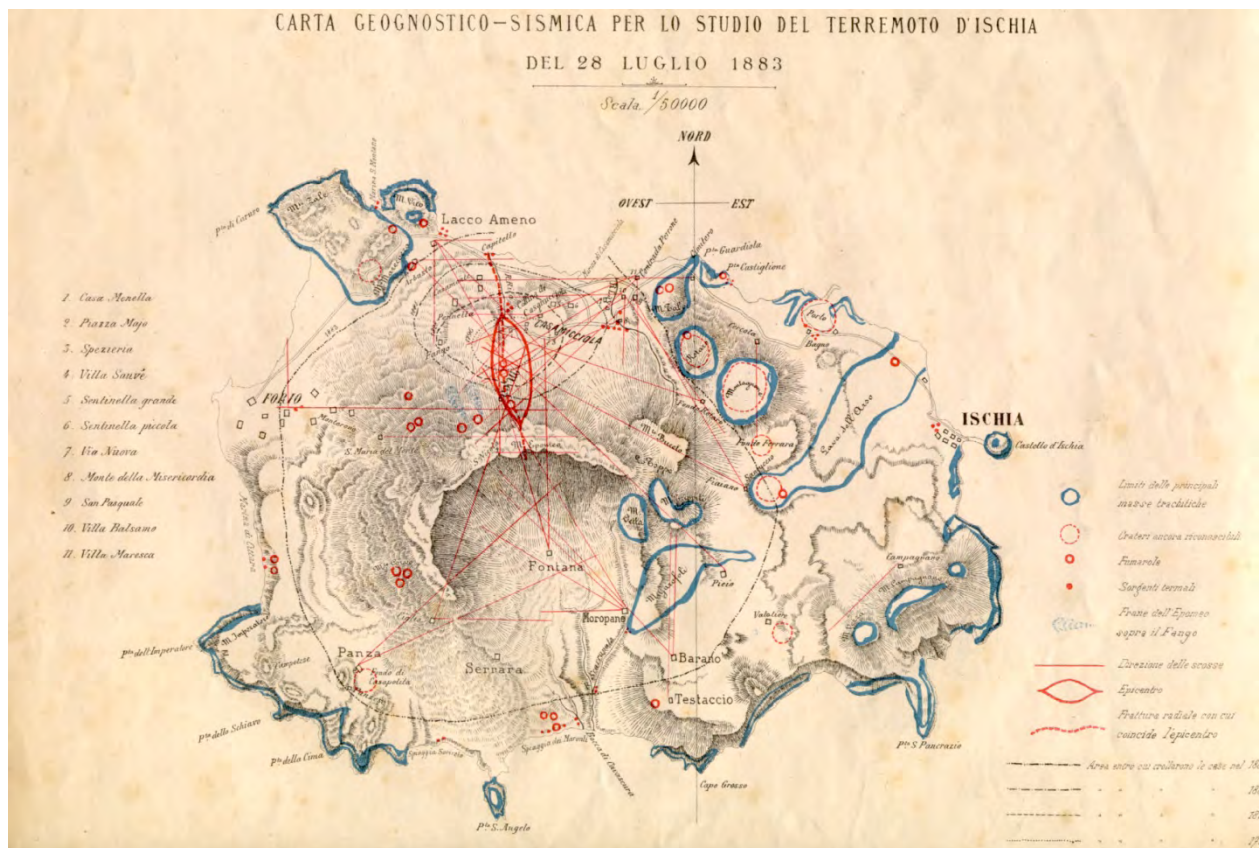


Figura 5. Terremoto di Ischia del 28 luglio 1883. Carta geognostico-sismica. Sono indicate le aree di danneggiamento dei terremoti del 1796, 1828, 1881, 1883. Area epicentrale e frattura radiale del terremoto del 1883; direzione delle scosse; frane, nonché informazioni sull'attività idrotermale e le località maggiormente interessate dagli effetti del terremoto [Mercalli, 1884].

L'esame delle fonti bibliografiche e archivistiche ha permesso, in tempi recenti, di valutare gli effetti del terremoto su oltre 3900 edifici, per un totale di 16791 vani, e di attribuire le intensità macrosismiche (scala MCS) in 249 località [Cubellis et al., 2004; Luongo et al., 2006; Carlino et al., 2009]. I siti danneggiati dal terremoto sono rappresentati sulla carta geologica di sintesi dell'isola per la valutazione degli effetti locali (Fig. 6).

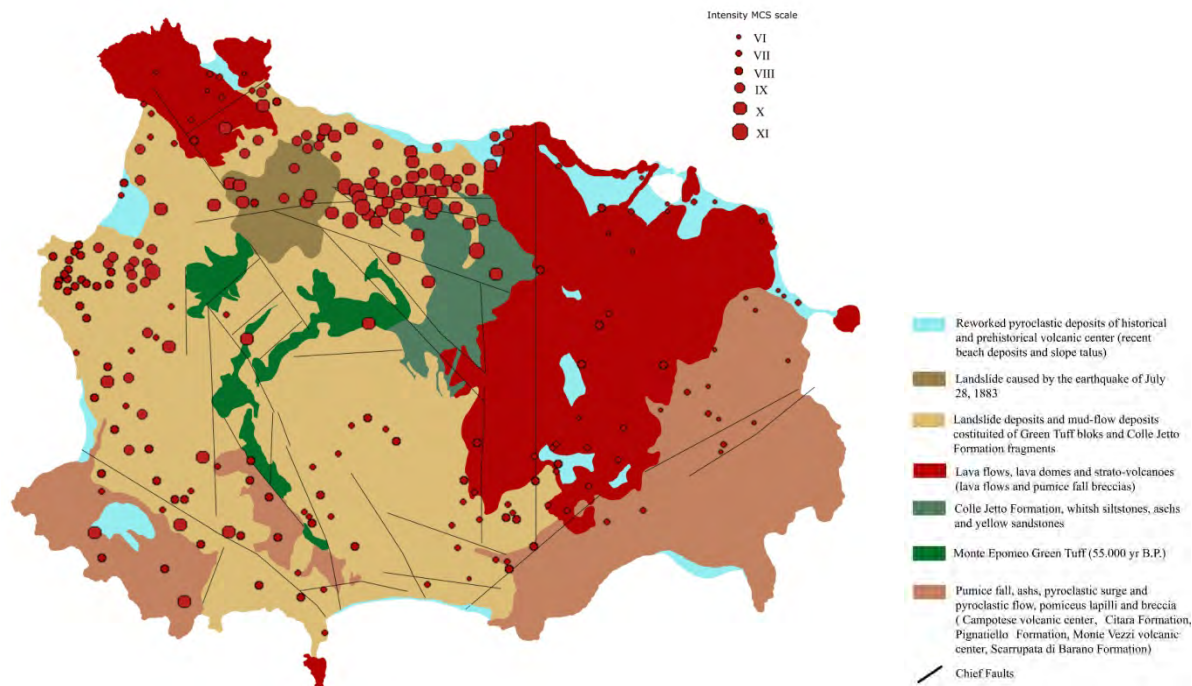


Figura 6. Rappresentazione dell'intensità del terremoto sulla carta geologica schematica dell'isola d'Ischia [modificata da Vezzoli, 1988; in Cubellis et al., 2004; Carlino et al., 2009].

Il terremoto di Casamicciola è il primo disastro sismico che colpisce l'Italia dopo l'Unità (Fig. 7). Ministri e parlamentari interverranno nel dibattito alla Camera e al Senato sui provvedimenti da adottare. Mercalli rese noti i suoi studi al Governo.

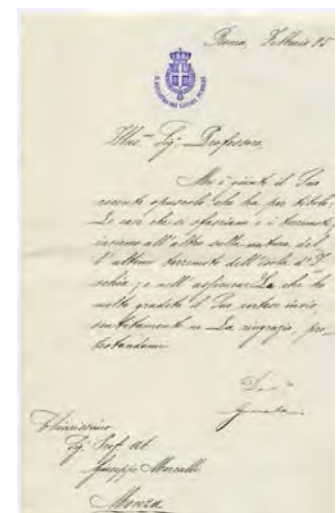
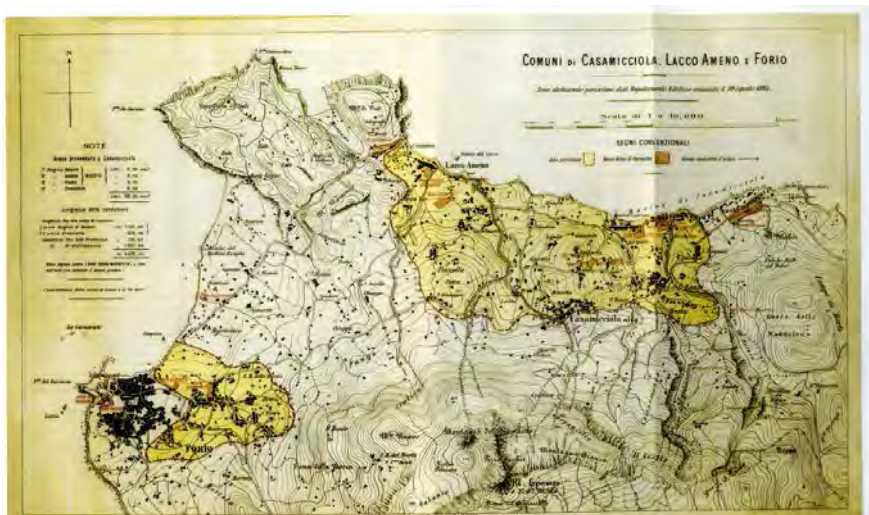


Figura 7. Zone dichiarate pericolose dal Regolamento edilizio emanato il 29 agosto 1884: Comuni di Casamicciola, Lacco Ameno e Forio (sinistra) e lettera di ringraziamento di Francesco Genala (Ministro dei Lavori Pubblici) a Mercalli per le pubblicazioni sul terremoto (destra) [Luongo et al., 2012].

Sulla base della distribuzione dei danni, Mercalli realizza una zonazione del territorio di Casamicciola suddividendolo in quattro aree:

1. Parte alta presso Casamennella: rovina totale; area epicentrale, pendio, terreni poco consistenti o franosi.
2. Parte alta della Collina di Casamicciola e al Monte: grandissima rovina, ma non totale; condizioni orografiche e litologiche simili all'area della rovina totale, ma a maggiore distanza dall'epicentro;
3. La marina: crolli parziali; aumenta la distanza dall'epicentro, suolo pianeggiante, il sottosuolo sabbioso attenua l'ampiezza del segnale sismico.
4. Contrada Perrone e Cimitero: pochissime lesioni; aumenta ulteriormente la distanza dall'epicentro, fondazioni delle case su roccia molto compatta ed omogenea (tufi e lave).

Il 2 marzo 1884 fu emanata la Legge n. 1845 (G.U. del 10 marzo 1884, n. 59) nella quale oltre ai provvedimenti per i danneggiati dal terremoto del 1883, la Ricostruzione ed il Regolamento Edilizio per i comuni disastriati dell'isola, nell'art. 7 si stanziava una risorsa di lire 12.000, a carico del bilancio del Ministero Agricoltura e Commercio, per la realizzazione di uno o più osservatori geodinamici nell'isola d'Ischia. Sulla base di tali provvedimenti nel 1885 nascerà il Reale Osservatorio Geodinamico di Casamicciola [Luongo et al., 2012], alla cui direzione sarà chiamato Giulio Grablovitz, componente della Commissione Reale di Geodinamica. Nel 1923 l'Osservatorio di Casamicciola fu soppresso.

Bibliografia

- Carlino, S., Cubellis, E., Marturano, A., (2009). *The catastrophic 1883 earthquake at the island of Ischia (southern Italy): macroseismic data and the role of geological conditions*. Natural Hazards, 52:231-247, DOI 10.1007/s11069-009-9367-2.
- Cubellis, E. e Luongo, G., (1998). *Il contesto fisico*, in AA.VV., Il terremoto del 28 luglio 1883 a Casamicciola nell'isola d'Ischia. Presidenza Consiglio dei Ministri, Servizio Sismico Nazionale, Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, pp 49-123.
- Cubellis, E., Carlino, S., Iannuzzi, R., Luongo, G., Obrizzo, F., (2004). *Management of historical seismic data using GIS: the island of Ischia (Southern Italy)*. Natural Hazards, 33:379-393.
- De Rossi, M.S., (1884). *La catastrofe di Casamicciola (1883)*. Bullettino del Vulcanismo Italiano, anno XI, nn. 1-12.
- Johnston-Lavis, H.J., (1885). *Monograph of the earthquakes of Ischia*. F Furcheim, Naples, Dulau London, pp 122, tavv. 6, figg. 20.
- Luongo, G., Cubellis, E., Obrizzo, F. (1987). *Ischia Storia di un'isola vulcanica*. Liguori (Ed.), Napoli, pp. 164.
- Luongo, G., Carlino, S., Cubellis, E., Delizia, I., Iannuzzi, R., Obrizzo F., (2006). *Il terremoto di Casamicciola del 1883: Una ricostruzione mancata*. Alfa Tipografia, Napoli, pp. 64.
- Luongo, G., Carlino, S., Cubellis, E., Delizia, I., Obrizzo F., (2012a). *Casamicciola 1883 Il sisma tra interpretazione scientifica e scelte politiche*. Bibliopolis, pp. 282 con XXX tavole a colori f.t. ISBN 978-88-7088-610-8.
- Luongo, G., Cubellis, E., Obrizzo, F., (2012b). *I Fondatori della Sismologia in Italia nella seconda metà del XIX Secolo*. In : "Uomini e ragioni: i 150 anni della geologia unitaria". ISPRA, Atti Sessione F4 Geoitalia, Torino 19-23 settembre 2011. Convener M. D'Andrea, L.M. Gallo, G.B. Vai. Centro Stampa Regione Piemonte, pp. 75-88.
- Mallet, R., (1862). *Great Neapolitan earthquake of 1857 – The first principles of observational seismology*. Chapman & Hall, vol. I pp. 431, vol. II pp. 399, Londra.
- Mercalli, G., (1881). *I terremoti dell'isola d'Ischia*. Atti Soc. It. Sc.Nat., t.XXIX, p.20 Monza, 27 marzo 1881.
- Mercalli, G., (1884). *L'isola d'Ischia ed il terremoto del 28 luglio 1883*. Mem. Ist. Lombardo, Scienze Mat. e Nat. XV, pp. 99-154.
- Palmieri, L. and Ogialoro, A., (1884). *Sul terremoto dell'isola d'Ischia della sera del 28 luglio 1883*. «Reale Accademia Scienze Fisiche e Matematiche di Napoli», vol. I, serie 2a, pp. 1-28, 3 figg., Napoli.
- Sbrana, A., Toccaceli, R.M., (a cura di) (2011). *Carta Geologica Isola d'Ischia*. Note Illustrative. Regione Campania. Responsabile del Progetto CARG per la Regione Campania Monti L.
- Vezzoli, L., (ed.) (1988). *Island of Ischia*. Quaderni de La Ricerca Scientifica. CNR 10 pp. 114.

La catastrofe calabro-messinese del 1908: l'analisi di Mercalli **del terremoto più disastroso della storia d'Italia**

Pino N.A., Milano G.

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

Introduzione

Il 28 Dicembre 1908, alle ore 05:20, un violento terremoto colpì le coste della Calabria e della Sicilia che si affacciano sullo Stretto di Messina (fig. 1). Il terremoto fu immediatamente seguito da un maremoto con onde alte oltre dieci metri. La scossa principale, avvertita anche a centinaia di chilometri di distanza, distrusse buona parte di Messina, Reggio Calabria e molti centri abitati del circondario. Tante altre località della Sicilia nord-orientale e della Calabria meridionale subirono gravi danni. Le strade e le linee ferroviarie, nonché le linee telegrafiche e telefoniche furono completamente stravolte. I danni alle linee di distribuzione dell'energia elettrica misero al buio diverse città e le rotture dei tubi del gas provocarono diffusi incendi. Ai danni provocati dal sisma e dagli incendi si aggiunsero quelli causati dal maremoto. Le acque, improvvisamente ritiratesi, si abbattono violentemente sul litorale dopo pochi minuti con almeno tre grandi ondate che distrussero quanto era rimasto in piedi dopo la scossa sismica principale. Molte persone, uscite incolumi da crolli ed incendi e che avevano trovato rifugio lungo il litorale, perirono tragicamente in acqua risucchiate dalle onde.



Figura 1. Reggio Calabria dopo il terremoto del 1908, in una foto scattata da Giuseppe Mercalli. In basso, il commento autografo dell'autore, posto sul retro della fotografia.

L'evento, il più disastroso della storia d'Italia, ebbe una vastissima eco internazionale. Molti sismologi dell'epoca, italiani e stranieri, ne studiarono gli effetti, soprattutto per cercare di risalire alle cause. In quegli anni, sebbene il dibattito sulla natura di questi eventi fosse molto intenso, non esisteva un modello condiviso e un grande terremoto rappresentava un eccezionale occasione per acquisire nuova conoscenza. Tra gli studiosi interessati all'evento ci fu, per esempio, lo scienziato giapponese Fusakichi Omori, autorevole sismologo dell'epoca, che visitò l'area dello Stretto nei mesi immediatamente successivi, su mandato del governo imperiale del suo paese. Tra gli studiosi italiani che si interessarono all'evento ci fu Giuseppe Mercalli, all'epoca Professore Reggente di Storia naturale al Liceo Vittorio Emanuele II di Napoli e libero Docente di vulcanologia e sismologia presso l'Università di Napoli. Mercalli era ben noto alla comunità scientifica internazionale sia per i suoi studi di sismologia e vulcanologia, ma anche perché la sua scala di intensità dei terremoti - all'epoca costituita da dieci gradi e conosciuta come *Scala Sismica Mercalli* - era stata ufficialmente approvata dalla Direzione dell'ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinamica di Roma nel 1902. Mercalli pubblicò la grande quantità di testimonianze e dati direttamente raccolti, nonché i risultati dell'analisi dell'evento nel 1909, nella pubblicazione *Contributo allo studio del terremoto calabro-messinese del 28 dicembre 1908*. I passi in corsivo di seguito riportati sono estratti da questa pubblicazione.



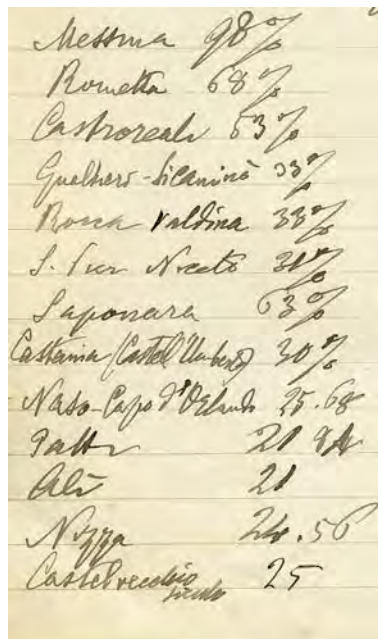
Figura 2. Ortì Superiore, una delle località visitate da Mercalli nel 1909, fu anche investita da una frana causata dal terremoto (foto G. Mercalli). Il commento autografo è posto sul retro della fotografia.

1. L'analisi di Mercalli ...

“... si avvertì sensibilmente fino ai dintorni di Napoli”. È quanto scrive Mercalli nel suo studio sul terremoto del 1908 a testimonianza del fatto che l'energia liberata dall'evento fu notevole. Egli si recò nell'area colpita dal terremoto nell'aprile del 1909. Nonostante fossero passati quattro mesi dall'evento, i segni della grande distruzione causata dal terremoto e dal maremoto erano ben evidenti. Mercalli valutò in più di centomila i morti causati dall'evento, sebbene la stima odierna, più realistica, sia di circa ottantamila vittime, di cui oltre la metà solo a Messina. Egli visitò tutto il territorio colpito dal sisma e si soffermò anche nei piccoli centri abitati (fig. 2), raccogliendo quante più informazioni possibili per attribuire a ogni località visitata un valore di intensità sulla base della sua scala, pubblicata solo pochi anni prima (fig. 3).

Spesso condusse delle vere e proprie interviste ai sopravvissuti annotando minuziosamente quanto gli veniva direttamente detto:

Reggio Calabria - “Un Istitutore del Convitto Nazionale, che era in piedi, sentì prima di tutto un movimento ondulatorio, avvertito da tutti, ma non molto forte; fece 3 o 4 passi, e poi (dopo 5-10 s.) venne la seconda fase, già al suo cominciare più forte della prima; poi incalzò con un crescendo continuo e con un movimento in tutte le direzioni: durò circa 20 s.: al principio di questa seconda fase si spense la luce elettrica,. Questa seconda fase fu accompagnata da un rumore che non gli parve un boato, ma prodotto da movimento di muri e di tutto l'edificio.”



Messina	98%
Rometa	68%
Castroreale	53%
Guelfers-Liccinò	52%
Rocca Valina	38%
S. Lucia Niceto	34%
Laponara	33%
Castania (Castel Volturno)	30%
Nato-Capo d'Orlando	25-68
Pattì	21-24
Alì	21
Nizza	24-50
Castelvolturno	25

Figura 3. Particolare dagli appunti di Mercalli sulle percentuali di case civili crollate o rese inabitabili: a Messina il 98%.

“... Orti Sup. – Il rev. Parroco afferma che sentì prima una scossa ondulatoria non molto forte; capì che era un terremoto, subito dopo seguì un movimento violento, prima sussultorio, poi ondulatorio e rotatorio. Allora la casa sprofondò ed egli rimase sepolto per cinque ore, e restò ferito ...”.

“Messina. - Il prof. G. Mazzearelli, che si trovava a letto al 2.° piano in una casa di via S. Martino, fu svegliato da un forte movimento sussultorio-ondulatorio del letto, pel quale questo si staccava dal muro nel senso della lunghezza ossia nella direzione di SE o ESE: scese a terra, andò al balcone, lo aprì mentre il movimento durava ancora. Parve cessare per pochi secondi, ma subito venne una seconda scossa brevissima ma più violenta. Dal balcone vide che il monastero della Maddalena, edificio di tre piani ancora in costruzione, cadde in due volte, nelle due fasi della scossa; le quali durarono complessivamente 40 a 50 sec.”

Tra le sue note, vi sono anche considerazioni che indirettamente descrivono la condizione sociale del tempo:

“Pare che a Cannitello i morti siano stati principalmente donne o bambini, perché molti uomini erano in America.”

L'enorme mole di dati ed informazioni sugli effetti del terremoto collezionati furono utilizzati da Mercalli per realizzare una mappa delle isosiste - linee che uniscono località in cui un terremoto ha avuto la stessa intensità - per tutta l'area dell'arco calabro-siculo interessata dall'evento (fig. 4).

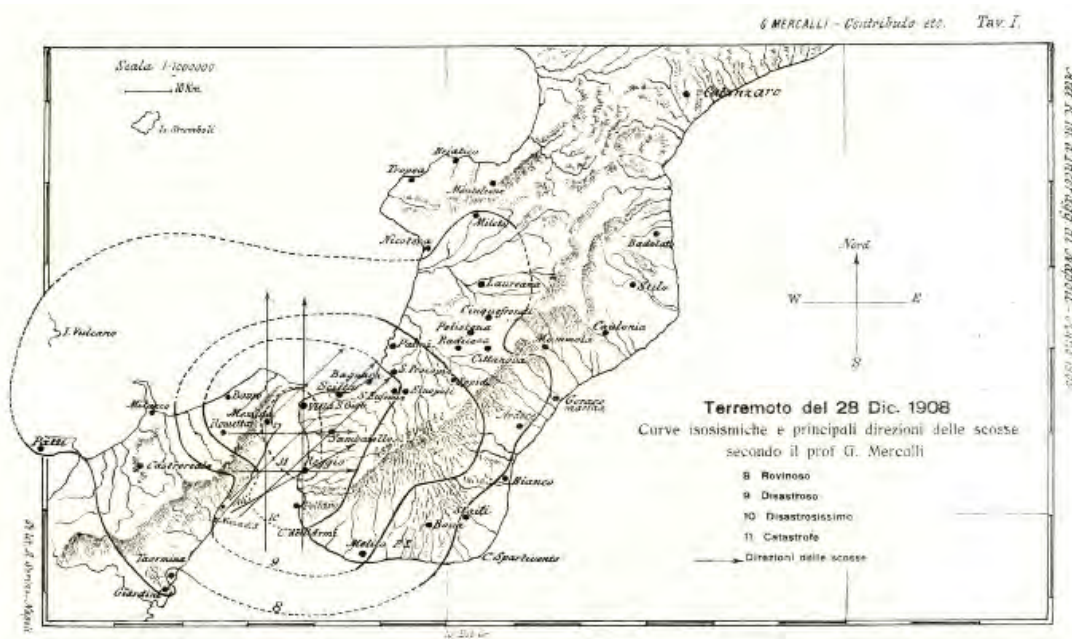


Figura 4. Mappa delle intensità macrosismiche valutate da Mercalli per il terremoto del 1908.

Mercalli aveva elaborato la sua scala studiando i terremoti italiani di cui aveva informazione. Il geofisico italiano Adolfo Cancani, invece, sulla base delle accelerazioni del suolo misurate durante i terremoti del Giappone del 1891 e dell'India del 1897, eventi ben più forti di quelli analizzati da Mercalli, propose nel 1904 di estendere la scala sismica Mercalli con l'introduzione dei gradi XI e XII di intensità, per tenere conto degli effetti provocati da terremoti molto forti [Cancani, 1904]. Infatti, a causa della grande distruzione incontrata nel corso della sua analisi del terremoto del 1908, Mercalli fu costretto, per la prima volta, a seguire il suggerimento di Cancani e inserì l'undicesimo grado alla sua scala: *catastrofe*!

“Indicherò l'intensità con la mia scala sismica, aggiungendo il grado XI (catastrofe), come venne proposto dal prof. Cancani.”

Nella sua indagine, Mercalli non si limitò ad accumulare dati relativi ai danni provocati dal terremoto, ma raccolse anche molte informazioni sugli effetti del maremoto e sui numerosi sprofondamenti che si verificarono nelle aree costiere (fig. 5). Anche questi dati furono minuziosamente descritti:

“A Messina la banchina del porto in diversi punti sprofondò in mare: per esempio, presso l'imbar-co del Ferry-Boat si vedevano, ancora nell'aprile, dei vagoni per 3/4 immersi nell'acqua. [...]. A Reggio Calabria, dov'era prima la stazione del Ferry-Boat, la spiaggia si abbassò di 90 cm. circa rimanendo parzialmente sott'acqua vagoni e rotaie e parte delle due scalette di approdo”.

“Molto interessante è il racconto del sig. Greco Michele, che si trovava a bordo del Ferry-Boat, il quale era partito da Messina pochi minuti prima del terremoto, e di poco avea oltrepassata la lanterna del porto, diretto a Villa S. Giovanni. Improvvisamente, mentre ancora si sentiva il rumore naturale delle macchine, il Ferry-Boat venne tutto d'un colpo portato in alto per qualche metro. Il Capitano arrestò la macchina perché l'elica non agiva più, mancando l'acqua. Dopo qualche minuto, sembrando ritornata la calma, il bastimento si rimise in movimento e si riaccese la luce a bordo. Il cielo era oscuro, coperto, e piovigginava. Subito si accorsero che il vento portava la polvere delle rovine di Messina. Nel mare perdurava una calma relativa; ma ogni tanto si sentivano scosse piccole. Così il Ferry-Boat si avvicinò fino a circa 100 m. dalla costa calabra e videro Cannitello tutto distrutto. Giunti vicino a Villa S. Giovanni, il Ferry-Boat fischiava, ma nessuno da terra rispondeva. Allora il Comandante pensò meglio di ritornare a Messina, dove giunto, scese a terra con tutto il personale di bordo, lasciando un solo marinaio di guardia.”

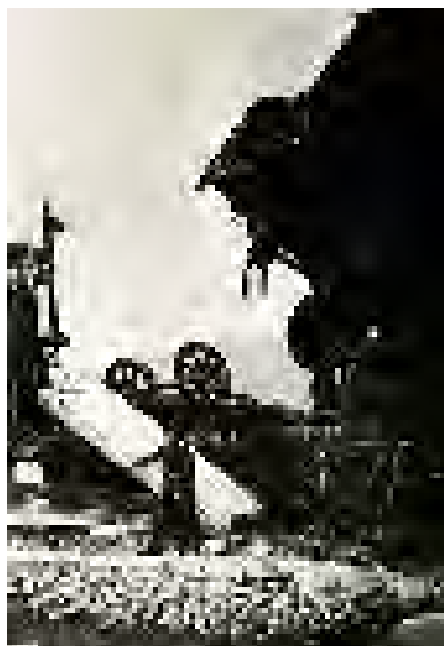


Figura 5. Reggio Calabria. Stazione del Ferry-boat, vagoni rovesciati dal maremoto (foto G. Mercalli).

Sulla base dei danni rilevati personalmente, Mercalli concluse che l'evento “... direttamente o indirettamente per mezzo del maremoto, ha distrutto in molti paesi quasi il 100% delle abitazioni”.

Ma annotò anche che l'effetto catastrofico era principalmente una conseguenza della cattiva qualità costruttiva e di manutenzione degli edifici:

“Ma il gran numero delle vittime umane si deve certamente in primo luogo all'altezza delle case, come già si è detto sopra; in secondo luogo, alle loro condizioni statiche che non corrispondevano a nessuna delle regole più elementari d'una edilizia antisismica. I sapienti regolamenti emanati dai Borboni dopo il terremoto del 1783, si erano da molto tempo completamente dimenticati, e a Reggio Cal. Si costruiva peggio, anzi assai peggio che a Milano e a Torino dove quasi nulla si ha da temere dai terremoti”

Questo era talmente evidente che lo stesso Omori riportò un'analogia considerazione nel suo rapporto, specificando inoltre, con crudo realismo, che un terremoto di simile intensità in Giappone non avrebbe fatto che 2 vittime per ogni 1000 di quelle che si verificarono nell'area dello Stretto.

Il richiamo di Mercalli alle norme antisismiche borboniche è particolarmente significativo, perché sottolinea che da secoli erano note le caratteristiche sismiche del nostro territorio, in particolare dell'Italia meridionale, ed erano anche state elaborate regole tecniche per le costruzioni, ma queste sono state puntualmente disattese. Ancora oggi, un terremoto di magnitudo 6 in Italia può provocare centinaia di vittime, per il crollo di edifici anche di costruzione recente. Molto più di quanto si verificherebbe, per un evento analogo, in qualunque altro paese di pari livello di sviluppo culturale ed economico, evidenziando quanto siano fondamentali le politiche di prevenzione volte alla mitigazione dei rischi naturali e, in particolare, del rischio sismico.

2. ... e cosa sappiamo oggi

Nel 1908 non esisteva ancora una teoria fisica del terremoto, che fu sviluppata solo pochi anni dopo. Le ipotesi degli scienziati dell'epoca sulle cause dell'evento furono diverse: dai crolli sotterranei a esplosioni vulcaniche sottomarine. Tuttavia, la straordinaria quantità di dati sugli effetti di quel terremoto, che Mercalli e altri scienziati raccolsero, costituiscono ancora oggi un eccezionale patrimonio di informazione, che si è rivelato fondamentale per ricostruire le caratteristiche geofisiche di quell'evento.

Infatti, studi recenti sulla natura del terremoto del 1908, basati sull'analisi di quei dati, hanno determinato che la frattura associata a quell'evento iniziò nell'area meridionale dello Stretto, all'estremo di una faglia orientata NS, che si approfondisce dalla Sicilia alla Calabria (fig. 6). La rottura si propagò verso nord, rompendo la crosta terrestre per circa 40 km e fermandosi tra Scilla e Cariddi. La propagazione della frattura ha un effetto di focalizzazione dell'energia emessa, amplificando gli effetti nella direzione della progressione della rottura. Per questo motivo i danni maggiori furono risentiti nelle zone più settentrionali dello Stretto. La stima più affidabile della magnitudo di quell'evento è $M_w=7.1$. Questo colloca quel terremoto tra gli eventi più forti mai rilevati in Italia, da quando esistono strumenti di registrazione sismica. Su scala globale, negli ultimi cento anni sono avvenuti nel mondo diverse centinaia di terremoti più forti di quello dello Stretto di Messina del 1908 ma, per la straordinaria consistenza dei danni provocati, quell'evento resta uno dei più disastrosi dell'intera storia dell'umanità.

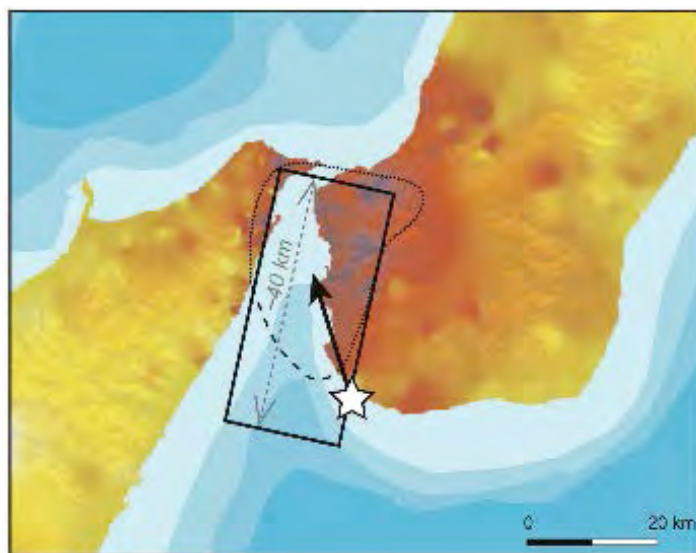


Figura 6. Schema riassuntivo della sorgente del terremoto dello Stretto di Messina del 1908, come proposto da Pino et al. [2009]. I colori dal giallo al blu indicano i valori di intensità dal VI all'XI grado MCS. La curva tratteggiata identifica l'isosista relative al X grado. Il rettangolo nero rappresenta la proiezione in superficie dell'area totale fratturata, corrispondente ad una faglia che si approfondisce verso la Calabria. La stella indica il punto da cui ha avuto inizio la rottura.

Bibliografia

- Cancani, A., (1904). *Sur l'emploi d'une double echelle sismique des intensités, empirique et absolue*. Gerlands Beitr Geophys 2:281-283.
- Mercalli, G., (1909). *Contributo allo studio del terremoto calabro-messinese del 28 dicembre 1908*. Atti del Reale Istituto d'Incoraggiamento di Napoli, serie 6, 7, 249-292.
- Pino, N.A., Piatanesi, A., Valensise, G., Boschi, E., (2009). *The 28 December 1908 Messina Straits earthquake (Mw 7.1): A great earthquake throughout a century of seismology*. Seismological Research Letters 80 (2), 243–259.

Intensità macrosismica e magnitudo: stime diverse della forza dei terremoti

Milano G., Pino N.A.

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

Introduzione

Dal latino *terrae motu*, “movimento della terra”, il terremoto è un rapido scuotimento del suolo causato dalla fratturazione delle rocce sottoposte a sforzo. I principali parametri che caratterizzano la sorgente di un terremoto sono l'ipocentro - il punto all'interno della Terra in cui ha inizio il processo di fratturazione delle rocce - l'epicentro - il punto sulla superficie terrestre corrispondente, lungo la perpendicolare, all'ipocentro - e la stima dell'energia rilasciata dal processo di fratturazione. Sin dall'antichità, l'uomo ha sempre cercato di ideare un metodo per classificare i terremoti. Il metodo utilizzato dal XVI secolo fu quello di catalogare i terremoti sulla base degli effetti che esso produce, assumendo implicitamente che più danni produce, maggiore è la forza di un terremoto (fig. 1).



Figura 1. Danni causati dal terremoto della Capitanata del 30 luglio 1627 illustrati da M. Greuter (1627).

Dopo gli eventi sismici distruttivi avvenuti nel XVIII secolo in Europa, gli studiosi dell'epoca ebbero la necessità di classificare i terremoti in funzione della gravità dei loro effetti. Questo ha portato alla definizione delle *scale di intensità* dei terremoti, introdotte prima della diffusione di strumenti per misurare l'energia di un sisma; a quell'epoca infatti una valutazione poteva essere fatta solo osservando e classificando gli effetti prodotti sull'uomo, le costruzioni e l'ambiente. Una delle prime scale fu redatta da Domenico Pignataro, un medico italiano che, analizzando i terremoti avvenuti in Italia relativi all'arco temporale 1783-1786, li classificò sulla base dei danni prodotti e del numero delle vittime, riunendoli in 4 categorie: *leggero*, *moderato*, *forte* e *fortissimo*. Il metodo utilizzato in questa scala, anche se molto semplice, si diffuse rapidamente e, a partire da essa, molti studiosi proposero nuove e più dettagliate scale di intensità. La prima scala di intensità dei terremoti elaborata con criteri analoghi a quelli utilizzati attualmente fu redatta da P.N.G. Egen nel 1828. La scala d'intensità elaborata da Michele Stefano de Rossi e Francois

Alphonse Forel nel 1883, costituita da dieci gradi, fu quella più diffusamente adottata nei decenni fino ai primi anni del '900. Proprio da questo schema di classificazione Mercalli cominciò ad elaborare la sua scala, proposta alla comunità scientifica e adottata nel 1902 dalla Direzione dell'ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinamica di Roma (Mercalli, 1902). Gli originari dieci gradi di questa scala, furono successivamente estesi a 12, su proposta del geofisico italiano Adolfo Cancani [Cancani, 1904] e successivamente aggiornata dal geofisico tedesco August Heinrich Sieberg, diventando così la scala Mercalli-Cancani-Sieberg, abbreviata con MCS [Sieberg, 1930]. Questa scala è rimasta nota come Scala Mercalli. Tutte le scale di intensità, comprese quelle più moderne, utilizzano per classificare un terremoto gli effetti prodotti sull'uomo e sui manufatti, osservazioni, queste, qualitative e con una certa dose di soggettività dovuta all'osservatore. Per molti anni comunque si è cercato di dedurre l'energia rilasciata all'ipocentro da un evento sismico sulla base di quelle che erano gli unici dati raccolti con sistematicità. Questo criterio è, nei fatti parziale, in quanto gli effetti prodotti da un terremoto dipendono da diversi fattori quali, la profondità ipocentrale, caratteristiche geologiche locali, diffusione e tipo di costruzioni, distribuzione della popolazione.

Negli anni '30 del secolo scorso, il sismologo americano Charles Francis Richter (fig. 2) introdusse il concetto di magnitudo per stimare l'energia di un terremoto [Richter, 1935]. Questo parametro, calcolato dai sismogrammi e quindi è una misura oggettiva, rappresenta, attualmente, la miglior stima per quantificare l'energia rilasciata da un terremoto, nel processo di fatturazione della crosta terrestre, sotto forma di onde elastiche. Attualmente, si utilizzano sia la magnitudo che l'intensità macrosismica per stimare "la forza" di un terremoto. Spesso, però, si crea ancora confusione tra queste due differenti grandezze, che esprimono invece concetti sostanzialmente diversi.



Figura 2. Il sismologo americano C.F. Richter, ideatore della scala di magnitudo.

1. Intensità

L'intensità macrosismica è una classificazione degli effetti che il terremoto produce sull'uomo, sugli edifici presenti nell'area colpita dal sisma e sull'ambiente.

Una scala macrosismica, quella MCS ad esempio, costituisce la base per valutare l'intensità di un terremoto ed è utilizzata per classificare il risentimento di un sisma ed evidenziarne le zone ove questo ha maggiormente colpito. I gradi più bassi di una scala sismica generalmente valutano la maniera in cui il terremoto è avvertito dall'uomo, mentre i gradi più alti sono definiti in base ai danni osservati sui manufatti (fig. 3).

La valutazione dell'intensità di un terremoto è effettuata attraverso il rilievo macrosismico, che rappresenta la raccolta *in situ*, effettuata da squadre di esperti attraverso l'osservazione diretta dei danni e di tutte le informazioni inerenti gli effetti causati da un terremoto. Il rilievo macrosismico è parte fondamentale della macrosismica, quella branca della sismologia che studia gli effetti che i terremoti causano sul contesto antropico. La macrosismica studia, quindi, i danni e il risentimento provocati dallo scuotimento del suolo prodotto dal passaggio delle onde sismiche generate dalla fratturazione. La valutazione dell'intensità ha tuttavia grossi limiti di applicabilità. Oltre ad essere soggettiva perché, per quanto codificati, i danni possono essere valutati soggettivamente da osservatori diversi, essa è una misura imprecisa in quanto i danni rilevati

dipendono anche dalle caratteristiche e dallo stato di manutenzione delle costruzioni, dalla densità abitativa e da altre variabili indipendenti dal terremoto stesso. L'insieme di tutte le informazioni relative a una località concorre a costruire la base di dati macrosismici per attribuire il valore di intensità secondo la scala macrosismica adottata. Per elaborare una rappresentazione grafica che descriva sinteticamente gli effetti di un terremoto, i valori di intensità risentita nelle diverse aree vengono riportati su una mappa, in cui le zone classificate con un uguale grado vengono collegate da curve dette isosiste. Poiché i danni diminuiscono con il crescere della distanza dalla sorgente del terremoto, le isosiste delle intensità minori racchiudono quelle relative ai gradi maggiori.



Figura 3. Messina, danni causati dal terremoto del 28 dicembre 1908.

In sintesi, l'intensità di un sisma:

- è una stima qualitativa dell'effetto del terremoto su cose, persone, ambiente;
- è quantificabile solo in zone abitate e richiede l'osservazione diretta degli effetti;
- non necessita di strumenti;
- a ogni località è associato uno e un solo valore; il valore massimo stimato rappresenta di norma l'intensità del terremoto;
- non è determinabile in zone non abitate, in mare o nel deserto;
- per la scala MCS si esprime in gradi utilizzando numeri ordinali (primo, secondo, terzo,), indicati con cifre romane.

Le scale di intensità macrosismica sono ancora largamente utilizzate in tutto il mondo. La scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS), largamente utilizzata in Europa occidentale e la scala Medvedev-Sponheuer-Kárník (MSK), per l'Europa orientale sono state di recente sostituite nell'uso dalla European Macroseismic Scale 1998 [EMS98; Grünthal, 1998]. Inoltre, la scala Mercalli-Cancani-Sieberg fu modificata da Harry O. Wood e Frank Neumann nel 1931 come scala Mercalli-Wood-Neuman (MWN), per un uso più adatto agli Stati Uniti. Questa fu successivamente perfezionata da Charles F. Richter, il padre della scala di magnitudo, ed è attualmente usata negli Stati Uniti con il nome scala Mercalli Modificata (MM). Altre scale d'intensità sono solo in parte relazionabili alla scala Mercalli, come la scala Shindo, usata in Giappone, e la scala Liedu, usata nella Cina continentale.

Nonostante tutte le successive modifiche, anche molto consistenti, all'originaria formulazione di Mercalli (fig. 4), il suo nome è stato quasi sempre conservato nella denominazione, a testimonianza del riconoscimento generale del suo contributo fondamentale alla classificazione dei terremoti.

V. — **Forte**, avvertita generalmente nelle case, ma da pochi nelle strade: con risveglio di persone addormentate, con spavento di alcuni, sbattere d'uscii, suono di campanelli, oscillazione piuttosto ampia di oggetti sospesi, arresto d'orologi.

***V - Abbastanza forte:** il sisma viene percepito da numerose persone anche da quelle impegnate nelle attività giornaliere, in strada e, se sensibili, anche all'aria aperta. Nelle abitazioni si avverte la scossa in seguito al movimento ondulatorio dell'intero edificio. Si vedono le piante e le frasche, nonché i rami più piccoli dei cespugli e degli alberi agitarsi, come se ci fosse un vento moderato. Oggetti appesi come tendaggi, semafori, lampade e lampadari non troppo pesanti iniziano ad oscillare; dei campanelli risuonano; gli orologi a pendolo subiscono un arresto oppure un'accelerazione, a seconda che la direzione della scossa sia perpendicolare o normale al moto di oscillazione; allo stesso modo gli orologi a pendolo fermi possono riprendere a funzionare; le molle dell'orologio tintinnano; la luce elettrica si mette a tremolare o viene a mancare in seguito ai movimenti che interessano le linee della corrente; i quadri urtano rumorosamente contro le pareti, oppure si spostano; da recipienti colmi ed aperti vengono versate fuori piccole quantità di liquido; possono cadere a terra ninnoli ed piccoli oggetti, così come avviene anche per oggetti addossati alle pareti; gli arredi leggeri possono perfino essere un po' spostati; i mobili strepitano; le porte e le imposte si aprono e si chiudono sbattendo; i vetri delle finestre si infrangono. Si svegliano quasi tutti coloro che stanno dormendo. In qualche caso le persone fuggono all'aperto.*

Figura 4. Confronto tra le definizioni del V grado di intensità macrosismica secondo la scala Mercalli [Mercalli, 1902] e la scala Mercalli-Cancani-Sieberg [Sieberg, 1930], diffusamente usata in Italia fino all'avvento della EMS98.

2. Magnitudo

La magnitudo, dal latino *magnitudo-inis*, “grandezza”, è una stima indiretta dell'energia meccanica liberata da un evento sismico all'ipocentro.

Il concetto di magnitudo fu introdotto da Charles F. Richter nel 1935 e si definisce come l'ampiezza massima dell'oscillazione prodotta dal moto del suolo su un particolare modello di sismometro. Nella definizione data da Richter, la magnitudo è il logaritmo in base 10 dell'ampiezza massima del moto del suolo, misurata in micrometri (1 micrometro=0,001 mm), della registrazione, con un sismografo standard, di un terremoto avvenuto ad una distanza di 100 km dalla stazione sismica. Il sismografo standard adoperato di solito è di tipo Wood-Anderson. La magnitudo di terremoti che avvengono a distanze epicentrali diverse da 100 km può essere calcolata se si conosce la legge di attenuazione dell'ampiezza delle diverse onde sismiche. Infatti, in genere, è raro che si possa disporre di registrazioni effettuate esattamente a 100 km dall'epicentro del terremoto, quindi, Richter introdusse un termine di correzione che tenesse conto dell'attenuazione dell'ampiezza dell'oscillazione del suolo con la distanza, fino a 600 km dall'epicentro. In questo modo, a partire dall'ampiezza massima registrata a una distanza qualsiasi, si può dedurre quale sarebbe stata l'ampiezza registrata da un ipotetico sismometro posto a 100 km dall'evento sismico. La definizione di Richter può quindi essere utilizzata solo per calcolare la magnitudo di un terremoto da una registrazione sismometrica effettuata entro 600 km dall'epicentro (fig. 5). Per questo motivo la magnitudo Richter si indica con M_L , dove L vuol dire “locale”. La scala Richter, concettualmente, non ha alcun limite inferiore o superiore. Maggiore è l'energia del terremoto, maggiore è sul sismografo l'ampiezza dell'oscillazione prodotta dal moto del suolo.

Richter sviluppò la sua definizione basandosi sull'assunzione che 1 micrometro fosse la minima ampiezza rilevabile da un sismometro, cosa vera nel 1935. Su questa base, fissò i parametri della sua definizione matematica di magnitudo in modo che non risultassero valori negativi. I moderni sismografi, che hanno una sensibilità molto maggiore rispetto a quelli in uso negli anni '30 del secolo scorso, sono in grado di registrare oscillazioni del moto del suolo più piccole di 1 micrometro. Per questo motivo, la magnitudo dei terremoti che le hanno generate hanno valori negativi.

In sintesi, la magnitudo:

- è una stima oggettiva e dipende dell'energia liberata dal terremoto;
- per ogni evento sismico si calcola un solo valore di magnitudo;

- necessita di strumenti di misura del moto del suolo (sismometri);
- si può calcolare in qualsiasi località e il risultato non dipende dalla distanza dall'epicentro;
- si esprime con un numero decimale (es., 5,8).

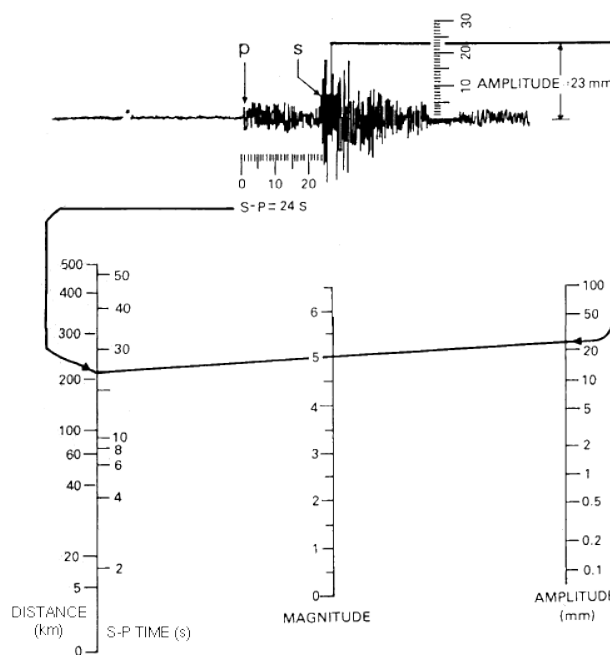


Figura 5. Nomogramma con cui è possibile determinare graficamente la magnitudo Richter di un terremoto. Su un sismogramma registrato ad una stazione sismica sono misurati l'ampiezza massima e l'intervallo temporale tra l'onda S e P (S-P), dal quale si ricava la distanza epicentrale. Il segmento che congiunge i valori di ampiezza e S-P intercetta la scala di magnitudo.

Esistono dei limiti per l'utilizzo della magnitudo Richter. Infatti, la sua definizione è basata sull'utilizzo di un particolare tipo di sismometro, che registra le oscillazioni del suolo solo in una ristretta banda di frequenze. Per terremoti di magnitudo moderata, l'ampiezza di queste oscillazioni aumenta parallelamente al crescere dell'energia emessa. Tuttavia, quando la frattura associata al terremoto è molto grande, l'energia emessa aumenta notevolmente e l'ampiezza delle onde sismiche aumenta, ma solo a frequenze più basse di quelle registrate dal Wood-Anderson. Il risultato è che, per terremoti grandi, l'ampiezza registrata su quel particolare sismometro aumenta solo di poco e, per i terremoti maggiori, non aumenta per niente, producendo una saturazione della scala di magnitudo: cioè, per i terremoti maggiori, la stima della magnitudo non cresce più comparativamente all'energia emessa dalla frattura. Questo effetto si verifica già per terremoti di magnitudo circa 6 e produce saturazione completa a magnitudo circa 7.5, per cui, indipendentemente dall'energia del terremoto, la massima magnitudo Richter rilevabile corrisponde a questo valore.

Per superare questa limitazione e quella legata al vincolo della massima distanza epicentrale, sono state proposte altre definizioni di magnitudo. Verso la metà del XX secolo la maggior parte dei sismologi ha cominciato a considerare obsolete le tradizionali misure di magnitudo che sono state rimpiazzate con una chiamata *momento sismico*, più direttamente collegata ai parametri fisici del terremoto, come l'estensione della frattura e la quantità della dislocazione prodotta. Oggi si usa correntemente la *magnitudo momento sismico*, proposta da Hiroo Kanamori nel 1979 e indicata con M_w (Hanks and Kanamori, 1979). Questa scala è equivalente a quella Richter per i terremoti di magnitudo bassa e intermedia, ma è in grado di stimare adeguatamente anche i terremoti più energetici ed è utilizzata dai sismologi per misurare le dimensioni degli eventi sismici in termini di energia liberata. La scala fu sviluppata negli anni settanta del secolo scorso come aggiornamento della scala Richter e, analogamente a quest'ultima, è logaritmica. Essendo i valori della magnitudo momento legati logaritmicamente all'energia emessa in un terremoto, al crescere della magnitudo l'energia corrispondente aumenta esponenzialmente e, ogni aumento di 1 grado corrisponde a un incremento di circa 32 volte in energia del terremoto del grado precedente (Tabella 1). Ciò significa che un terremoto di magnitudo 5 libera 32 volte l'energia di un terremoto di magnitudo 4 e circa 1000 volte (32×32 volte)

l'energia di uno di magnitudo 3 e così via. Il terremoto più forte mai registrato strumentalmente è stato quello del Cile del 1964, la cui magnitudo è $M_w=9,5$.

SCALA RICHTER		
Magnitudo	TNT equivalente	Frequenza
0	1.0 chilogrammo	circa 8000 al giorno
1.0	31.6 chilogrammi	
1.5	178.0 chilogrammi	
2.0	1.0 tonnellata	circa 1000 al giorno
2.5	5.6 tonnellate	
3.0	31.6 tonnellate	circa 130 al giorno
3.5	178.0 tonnellate	
4.0	1000.0 tonnellate	circa 15 al giorno
4.5	5600.0 tonnellate	
5.0	31600.0 tonnellate	2-3 al giorno
5.5	178000.0 tonnellate	
6.0	1.0 milione di tonnellate	120 all'anno
6.5	5.6 milione di tonnellate	
7.0	31.6 milione di tonnellate	18 all'anno
7.5	178.0 milione di tonnellate	
8.0	1.0 miliardo di tonnellate	1 all'anno
8.5	5.6 miliardi di tonnellate	
9.0	31.6 miliardi di tonnellate	1 ogni 20 anni
10.	1000.0 miliardi di tonnellate	mai registrata

Tabella 1. Equivalenza tra la magnitudo e l'energia espressa in quantitativo di TNT. Per ogni valore di magnitudo è riportata anche la frequenza di accadimento. Per le magnitudo più grandi i valori rappresentano la media sui terremoti realmente accaduti dal 1900 mentre per le magnitudo più basse il numero di eventi è una stima approssimativa.

3. Quindi ...

Nonostante la magnitudo sia una misura oggettiva per graduare i terremoti, le scale di intensità macrosismica hanno rappresentato lo strumento esclusivo per la classificazione dei terremoti fino a qualche decennio fa, a causa dell'esiguo numero di sismometri presenti sul territorio. Ancora oggi, con oltre 300 stazioni sismiche installate nel nostro paese, le scale di intensità continuano a essere utilizzate. Questo è dovuto alla possibilità di avere un quadro della distribuzione del danneggiamento, mentre la magnitudo è una valutazione dell'energia emessa alla sorgente, e anche al fatto che la sua valutazione rappresenta l'unica possibilità per confrontare direttamente, per una data area, gli effetti di terremoti attuali con quelli avvenuti nel passato, per i quali non è possibile calcolare la magnitudo in quanto non esistevano gli strumenti di misura.

Bibliografia

- Cancani, A., (1904). *Sur l'emploi d'une double echelle sismique des intensités, empirique et absolue*. Gerlands Beitr Geophys 2:281-283.
- Grünthal, G., (ed.) (1998). *European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98)*. Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie 15, Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Luxembourg, 99 pp..
- Hanks, T.C., Kanamori, H., (1979). *A moment magnitude scale*. Journal of Geophysical Research 84: doi: 10.1029/JB084iB05p02348. issn: 0148-0227.
- Mercalli, G., (1902). *Sulle modificazioni proposte alla scala sismica De Rossi-Forel*. Boll. Soc. Sismol. It. 8:184-191.
- Richter, C.F., (1935). *An instrumental earthquake magnitude scale*. Bulletin of the Seismological Society of America 25, 1-32.
- Sieberg, A., (1930). *Geologie der Erdbeben*, Handbuch der Geophysik, 2, 4, 552-555.

Breve storia delle misurazioni dell'Intensità Macrosismica in Italia da Giuseppe Mercalli fino ai giorni nostri

Gaudiosi G.¹, Nappi R.¹, Alessio G.¹, Porfido S.²

¹*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano*

²*Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per l'Ambiente Marino Costiero, Napoli*

Introduzione

L'intensità rappresenta la classificazione degli effetti del terremoto sulle persone, sulle cose, sulle costruzioni, e sull'ambiente naturale. Ad oggi, in tutto il mondo, si contano quasi un centinaio di scale macrosismiche. L'Italia, paese ad elevata sismicità, vanta un'antica tradizione nella classificazione degli effetti prodotti dagli eventi sismici, partendo dalle rappresentazioni cartografiche più antiche, considerabili come vere e proprie antesignane delle scale macrosismiche, come la mappa del terremoto del Nizzardo nel 1564 di autore incerto, e le mappe proposte da De Poardi e da Greuter per il terremoto della Puglia del 1627, per arrivare alle scale universalmente riconosciute, come quelle di de Rossi-Forel [1883] e quella di Mercalli [1902]. Tutte le scale macrosismiche classiche come la Rossi-Forel, la Mercalli, la Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS), la Mercalli Modificata (MM) e la Medvedev-Sponheuer-Karnik (MSK) considerano gli effetti sull'ambiente naturale quali elementi diagnostici utili ai fini della valutazione del grado di intensità del terremoto. A queste si affianca la nuova scala macrosismica denominata ESI *Scale* 2007, che consente di attribuire l'intensità sulla sola base degli effetti innescati dai terremoti sull'ambiente naturale, colmando di fatto un aspetto trascurato negli aggiornamenti delle più recenti scale macrosismiche europee [European Macroseismic Scale EMS 92, 98]. Infatti studi recenti [Dengler & McPherson, 1993; Serva, 1994; Esposito et al., 1997; Hancox et al., 2002; Michetti et al., 2004; Porfido et al., 2007] hanno fornito chiare evidenze che gli effetti geologici ed ambientali, dei quali oggi si dispone di un database storico e, soprattutto, paleosismologico, estremamente ricco, sono in grado di fornire informazioni fondamentali per la stima delle intensità e fornire quindi un contributo indispensabile alla definizione della grandezza del terremoto.

1. La valutazione dell'intensità del terremoto: le scale di intensità dal 1500 a Mercalli

La valutazione dell'intensità di un sisma in base alla descrizione dei danni è antichissima come testimoniato dalla mappa (Fig. 1) che per prima classificò in ordine di gravità le devastazioni subite dal Nizzardo col terremoto del 1564. Tale mappa è stata attribuita al mercante genovese F. Mogiol [Almagià, 1914; Moroni e Stucchi, 2013] e sempre per il terremoto del Nizzardo viene riportata dallo storico Gioffredo (1839) l'esistenza di "una mappa particolare di quel terribile terremoto" disegnata da Giovanni Battista (o Jacopo) Gastaldi [Giles, 2013], cartografo piemontese, di fatto mai ritrovata.

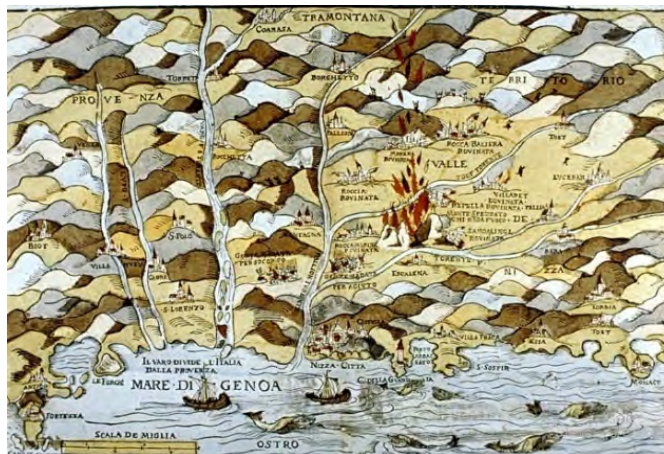


Figura 1. Mappa con la classificazione dei danni prodotti dal terremoto del Nizzardo del 1564 (secondo Almagià attribuibile al mercante genovese Magiol, 1564).

Risalgono al terremoto che sconvolse la Puglia, ed in modo particolare il Gargano nel 1627, le mappe attribuite a Greuter (Fig. 2) e a De Poardi (Fig. 3) che riportano una distinzione del grado di danneggiamento.

Si riconoscono nella mappa almeno 4 livelli di danneggiamento sintetizzati in: “*tutta rovinata distrutta; la maggior parte rovinata; la metà rovinata; quarta parte danneggiata*”.

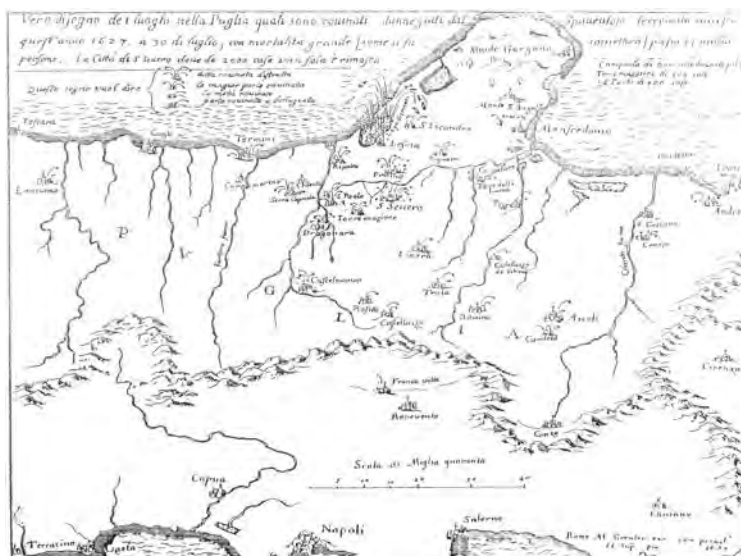


Figura 2. Carta delle città della Capitanata colpite dal terremoto del 30 luglio 1627 [Greuter, 1627].



Figura 3. Mappa degli effetti del terremoto del 1627 in Puglia [de Poardi, 1627].

Nel diciottesimo secolo, Domenico Pignataro, un medico calabrese, catalogò i terremoti avvenuti in Calabria dal 1783 al 1786 in 4 categorie in funzione dei danni e del numero delle vittime: 1. *leggero*; 2. *moderato*; 3. *forte*; 4. *Fortissimo*, classificando poi il terribile terremoto calabrese del 1783 (Fig. 4) come un terremoto “*violento*”.

Nel 1874 il sismologo Michele Stefano de Rossi introduce una nuova scala di intensità nella quale gli effetti prodotti dal terremoto erano classificati in 10 gradi di crescente severità. De Rossi insieme al sismologo svizzero Francois-Alphonse Forel pubblicarono nel 1883, unendo le rispettive scale, una nuova scala di intensità che venne chiamata De Rossi-Forel (Appendice 1).

Nel 1883 il Mercalli pubblicò il *Catalogo Generale dei Terremoti Italiani* [Mercalli, 1883] nel quale classificò le scosse sismiche in sei categorie: 1. *leggere*; 2. *mediocri*; 3. *forti*; 4. *fortissime*; 5. *rovinose*; 6.

disastrose. Un esempio di questa classificazione è la mappa dei danni del terremoto ligure del 1887 (Figure 5 e 6).



Figura 4. Fenditure nel terreno nel distretto di Jerocarne dovute al sisma del 1783 che colpì le coste meridionali calabresi [Sarconi, 1987].

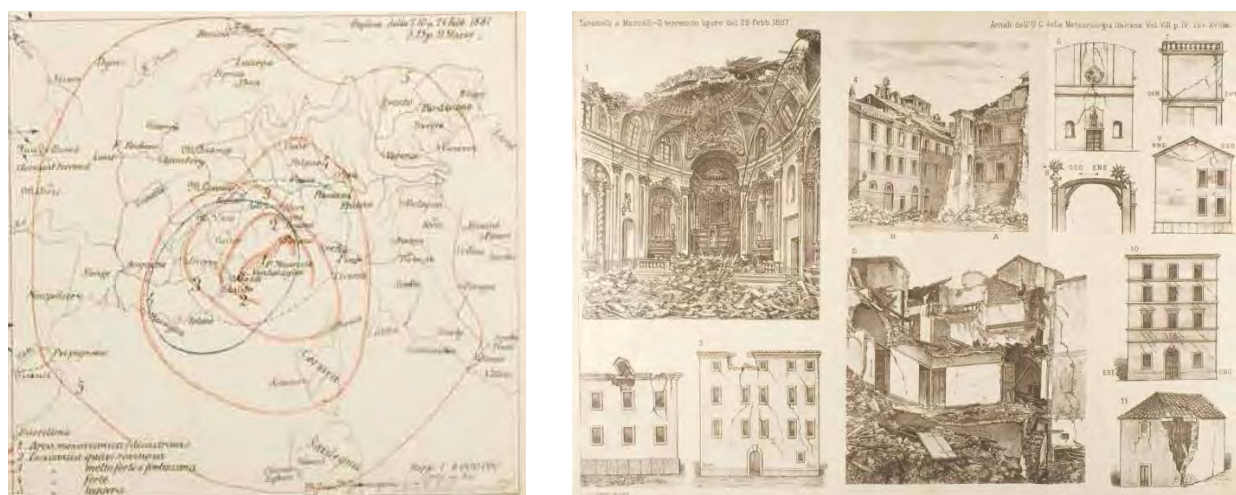


Figura 5. A sinistra la Mappa isosismica del grande Terremoto ligure del 1887, a destra i danni del grande Terremoto ligure del 23 febbraio del 1887 [Mercalli, 1897].

Torquato Taramelli, nel 1888 estese poi a dieci i gradi della scala di Mercalli.

Nel lavoro “*I terremoti della Liguria e del Piemonte*” [1897] Mercalli espresse una prima critica alla scala De Rossi - Forel: “*in Italia, è molto usata dai sismologi una scala sismica proposta dal Prof. De Rossi formata da dieci gradi di intensità sismica ma io pur ritenendo, fondamentalmente, buona e pratica la scala sismica De Rossi-Forel, credo necessario definire meglio con criteri più omogenei e più graduali, i diversi gradi di intensità e rialzare alquanto il valore dei gradi superiore della scala stessa, per rendere meno eterogenei gli intervalli esistenti tra i primi e gli ultimi gradi di essa*”.

In questo testo per la prima volta Mercalli parlò di una sua scala composta da dieci gradi che renderà pubblica nel lavoro del 1902 “*Sulle modificazioni proposte alla scala sismica De Rossi-Forel*” [Mercalli, 1902].

Nel 1902 la scala Mercalli (Appendice 2) venne ufficialmente accettata dalla Direzione dell'Ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinamica di Roma divenendo la scala di riferimento per la valutazione dell'intensità dei terremoti. Le mappe isosismiche dei terremoti calabresi del 1905 e 1907 furono realizzate utilizzando la Scala Mercalli a 10 gradi (Fig. 7).



Figura 6. Foto dei danni del grande Terremoto ligure del 23 febbraio del 1887 a Diano Marina scattata da Giuseppe Mercalli (Archivio storico Reale Osservatorio Vesuviano).

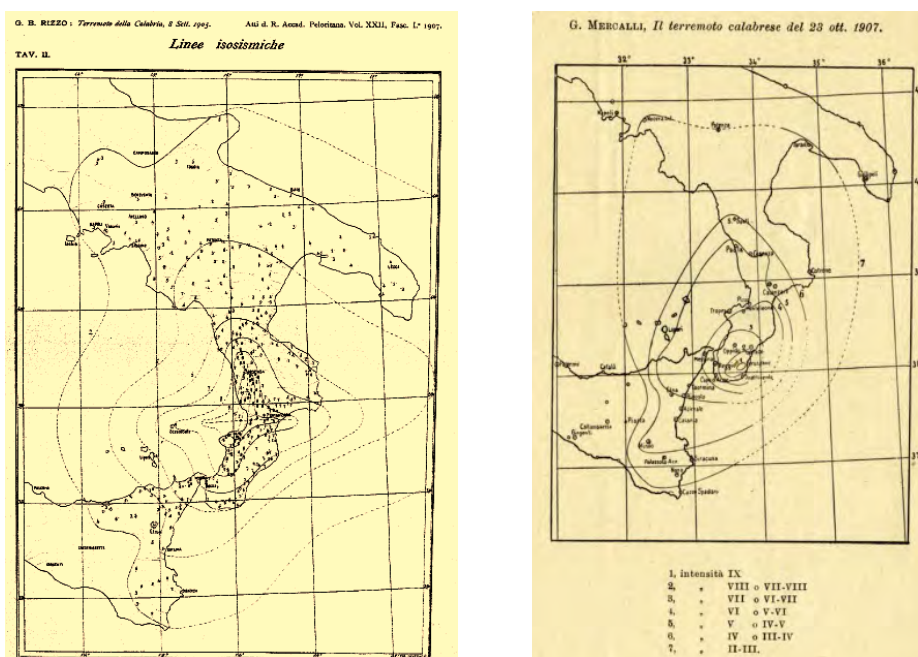


Figura 7. Mappa delle isosisme del terremoto della Calabria del 8 settembre 1905, a sinistra, [Rizzo, 1907] e del terremoto del 23 ottobre 1907, a destra [Mercalli, 1908].

In seguito al terremoto di Messina del 1908 Mercalli, sulla base dei danni che rilevò personalmente, sentì però l'esigenza di estendere la sua scala a undici gradi (catastrofe), e nella sua mappa delle isosiste (Fig. 8) classificò l'area di massimo danneggiamento con il grado XI.

Poco dopo lo stesso Mercalli, sulla base dei gravissimi danni osservati a Messina (Fig. 9), introdusse nella sua scala anche il grado XII (grande catastrofe).

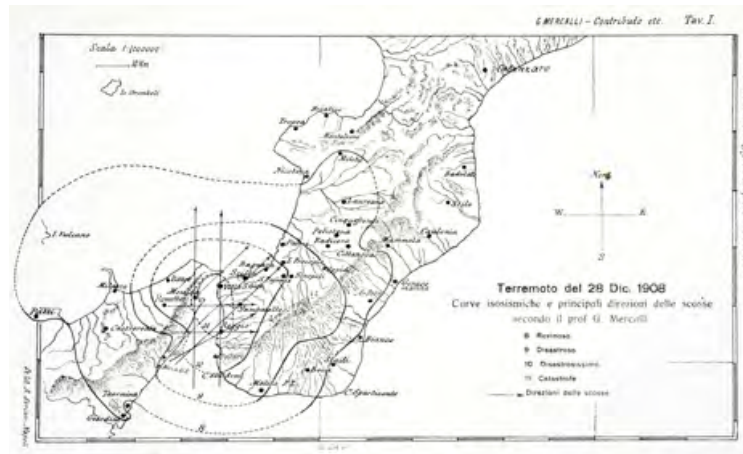


Figura 8. Carta delle isosisime del terremoto 28 dicembre 1908, elaborata da Mercalli [1909].



Figura 9. Messina distrutta dal terremoto del 1908. Foto di G. Mercalli. (Archivio storico Reale Osservatorio Vesuviano).

2. Le scale di Intensità in epoca moderna

L'aggiornamento delle scale di Intensità macrosismica è proseguito fino ai nostri giorni [Giles, 2013] in quanto è sempre stato importante mantenere una continuità nella valutazione della forza dei terremoti, per poter confrontare con robustezza gli eventi sismici storici e quelli moderni [Musson, 2009].

2.1 Scala MCS

Nel 1904 venne proposta dall'italiano Adolfo Cancani una scala a 12 gradi, con l'introduzione dei gradi XI (catastrofe) e XII grado (enorme catastrofe), sulla base delle accelerazioni al suolo misurate nel corso dei terremoti del Giappone del 1891 e dell'India del 1897. Tale scala fu ripresa ed ampliata, riguardo alla tipologia di effetti descritti, dal geofisico tedesco August Sieberg nel 1912, che dopo vari studi e sviluppi pubblicò nel 1923 la scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS) [Sieberg, 1923, 1930]; tale scala, nei gradi più elevati, teneva conto della vulnerabilità degli edifici ed è stata basilare per tutte le scale successive (Appendice 3).

2.2 Scala MM

La scala MCS fu ulteriormente modificata nel 1931, per adattarla alla realtà costruttiva nord-americana, dai due sismologi americani, Wood e Neumann, che la pubblicarono come scala Mercalli Modificata (MM) [Wood and Neumann, 1931]; tale versione fu poi rielaborata da Charles Richter nel 1956 [Richter, 1958] [Musson, 2002] (Appendice 4).

2.3 Scala MSK

In Europa nel 1964 il russo Medvedev, il cecoslovacco Karnik ed il tedesco Sponheuer lavorando insieme introdussero la scala Medvedev-Sponheuer-Karnik (MSK) nota anche come la scala MSK-64, utilizzata poi prevalentemente nell'Europa orientale [Medvedev et al., 1964; Console e Gasparini, 1977]. La scala fu successivamente aggiornata nel 1976 e nel 1981. Elemento innovativo di tale scala è la differenziazione degli edifici in 3 tipologie costruttive a differente vulnerabilità sismica, e l'introduzione di 5 classi di danno (Appendice 5).

2.4 Scala EMS

Sempre in Europa, col progredire della qualità delle costruzioni, venne proposta dalla Commissione Sismologica Europea nel 1992, la European Macroseismic Scale (EMS), divenuta definitiva, dopo alcune modifiche, nel 1998 e nota come EMS-98 [Grunthal, 1998]. La scala EMS-98, che è di fatto l'aggiornamento della precedente MSK, tiene conto di 6 tipologie di fabbricati e 5 classi di danneggiamento (Appendice 6). La scala EMS-98 è attualmente lo strumento più diffuso in Europa per la valutazione dell'intensità.

2.5 Scala ESI 2007

La scala di intensità ESI 2007 [Michetti et al., 2007, Guerrieri, 2012] si differenzia dalle scale macrosismiche tradizionali in quanto è utilizzata per valutare gli effetti geologici e ambientali dei terremoti.

La ESI 2007 è stata ratificata dall'INQUA (International Union for Quaternary Research) durante il XVII INQUA Congress tenutosi a Cairns (Australia) nel 2007 (Appendice 7).

La scala ESI 2007 è strutturata in dodici gradi. Il titolo di ciascun grado riflette la severità degli effetti sull'ambiente. Nella descrizione di ciascun grado sono riportate le caratteristiche degli effetti al suolo, come la *fagliazione superficiale*, le *anomalie idrologiche*, le *onde anomale/tsunami*, le *fratture al suolo*, i *movimenti di versante*, gli *scuotimenti degli alberi*, le *liquefazioni*, le *nuvole di polvere*, i *massi saltanti*.

Gli effetti ambientali sono chiaramente osservabili e di facile identificazione a partire dal IV grado della scala. Dal I al III grado, gli stessi effetti, pur osservabili in alcune tipologie (soprattutto nel campo delle variazioni idrologiche), non sono così ben caratterizzati da poter essere considerati diagnostici.

Conclusioni

L'importanza della valutazione di un terremoto mediante l'attribuzione del grado di intensità risulta, ancora oggi, fondamentale per due motivi, il primo è legato alla finestra temporale, l'intensità infatti, abbraccia un periodo di tempo che può ricoprire alcune migliaia di anni (dai terremoti recenti, a quelli storici fino a quelli paleo sismologici), estremamente più ampio se consideriamo che la magnitudo, invece, può fornire dati solo a partire dal XX secolo; l'altro motivo è che l'intensità permette di valutare e confrontare gli effetti dei terremoti nelle diverse aree geografiche, in alcuni casi anche prescindendo dalle tipologie costruttive, considerando ad esempio solo gli effetti ambientali, e questo non solo nelle zone in cui non esiste o è scarsa la presenza di una rete sismica sul territorio, ma ovunque nel mondo.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Dott. Giovanni Pasquale Ricciardi per averci fornito la mappa del terremoto del Nizzardo del 1564 e le bibliotecarie Marina Loddo e Rosanna Altavilla per il prezioso contributo nelle ricerche dei testi storici.

Bibliografia

- Almagià, R., (1914). *Intorno ai primi saggi di carte sismiche*. Rivista Geografica Italiana, vol. 21, (7): 463-468.
- Console, R. e Gasparini, C., (1977). *Le scale macrosismiche*. Osservatorio Geofisico Centrale, Monte Porzio Catone, Roma, Istituto Nazionale di Geofisica, Monografia n.7.
- Dengler, L. and McPherson, R., (1993). *The 17 August 1991 Honeydew earthquake, north coast California: a case for revising the Modified Mercalli Scale in sparsely populated areas*. Bulletin of the Seismological Society of America 83, 1081–1094.
- De Poardi, G. V., (1627). *Nuova relatione del grande e spaventoso terremoto successo nel Regno di Napoli, nella provincia di Puglia, il venerdì alli 30 luglio 1627*. Roma, 1627.
- de Rossi, M.S.L., (1883). *Programma dell'Osservatorio ed Archivio Centrale Geodinamico presso il R. Comitato Geologico d'Italia*. Bollettino del Vulcanismo Italiano, 10, 3-128.
- Esposito, E., Porfido, S., Mastrolorenzo, G., Nikonov, A.A., Serva, L., (1997). *Brief review and preliminary proposal for the use of ground effects in the macroseismic intensity assessment*. In: Proc. of the 30th International Geological Congress, Beijing, China, 5p. Contemporary Lithospheric Motion Seismic Geology, Intern. Science Publishers, Zeist, The Netherlands, pp. 233-243.
- Giles, D., (2013). *Intensity scales*. In: Bobrowsky, Peter T., ed., *Encyclopedia of natural hazards: Encyclopedia of earth sciences series*. Springer, Dordrecht, pp. 544-552. ISBN 9789048186990.
- Gioffredo, P., (1839). *Storia delle Alpi Marittime*. Monumenta Historiae Patriae, MDCCC XXXIX, Stamperia Reale, Torino.
- Greuter, M., (1627). *Vero disegno dei luoghi nella Puglia quali sono rouvinati danneggiati dal spaventoso terremoto successo quest'anno 1627, à 30 di luglio, con mortalità grande come si fa coniettura passa 17 millia persone*. Roma, 1627.
- Grunthal, G., (ed), (1998). *European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98)*. Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie 15. Luxembourg; Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, p.99.
- Guerrieri, L., Esposito, E., Michetti, A.M., Porfido, S., Vittori, E., (2012). *La scala di intensità sismica ESI 2007*-<http://eprints.bice.rm.cnr.it/4027/>.
- Hancox, G.T., Perrin, N.H., Dellow, G.D., (2002). *Recent studies of historical earthquake induced landsliding, ground damage, and MM intensity in New Zealand*. Bull. of the New Zealand Society for Earthquake Engineering, 35,2, 59-95.
- Medvedev, S., Sponheuer, W., Karník, V., (1964). *Neue seismische Skala Intensity scale of earthquakes*. 7. Tagung der Europäischen Seismologischen Kommission vom 24.9. bis 30.9.1962. In: Jena, Veröff. Institut für Bodendynamik und Erdbebenforschung in Jena, vol 77. Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin, pp 69-76.
- Mercalli, G., (1883). *Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia*. In: Negri G., Stoppani A., Mercalli G., (eds.), *Geologia d'Italia*. Vallardi, pp.217-218.
- Mercalli, G., (1897). *I terremoti della Liguria e del Piemonte*. Memoria con tre tavole in litografia-Napoli-Stab. Tipogr. Lanciano e Pinto-1897 pagg. 1-147.
- Mercalli, G., (1897). *I terremoti della Calabria Meridionale e del Messinese* – Saggio di una Monografia Sismica Regionale di Giuseppe Mercalli - Roma-Tipografia della Reale Accademia dei Lincei (1897), pagg. 1-154.
- Mercalli, G., (1902). *Sulle modificazioni proposte alla scala sismica De Rossi-Forel*. Bollettino della Società Sismologica Italiana, 8, 184-191.
- Mercalli, G., (1908). *Sul terremoto calabrese del 23 ottobre 1907*. Società Tipografica Modenese, pp.8.
- Mercalli, G., (1909). *Contributo allo studio del terremoto calabro-messinese del 28 dicembre 1908*. Atti del R. Istituto d'Incoraggiamento di Napoli, serie VI, vol.VII., pp. 46.
- Michetti, A.M., Esposito, E., Gurbinar, J., Mohammadioun, B., Mohammadioun, A., Porfido, S., Rogozhin, E., Serva, L., Tatevossian, R., Vittori, E., Audemard, F., Commerci, V., Marco, S., McCalpin, J., Morner, N.A., (2004). *The INQUA Scale. An innovative approach for assessing earthquake intensities based on seismically-induced ground effects in natural environment*. Special Paper, Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, vol. 67.
- Michetti, A.M., Esposito, E., Guerrieri, L., Porfido, S., Serva, L., Tatevossian, R., Vittori, E., Audemard, F., Azuma, T., Clague, J., Commerci, V., Gurbinar, A., Mc Calpin, J., Mohammadioun, B., Morner, N.A., Ota, Y. e Rogozhin E., (2007). *Intensity Scale ESI2007*. Memorie Descrittive Carta Geologica. d'Italia., vol.74, Servizio Geologico d'Italia – APAT, Roma, 53 pp. <http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/inquascale/documenti>

- Moroni, A. and Stucchi, M., (2013). *Materials for the investigation of the 1564, Maritime Alps earthquake*. EC project “Review of Historical Seismicity in Europe” (RHISE) 1989-1993.
- Musson, R., (2002). *Intensity and intensity scales*. In: Bormann, P. (ed.), *IASPEI New Manual of Seismological Observatory Practice*. Potsdam: GeoForschungs Zentrum Potsdam, Vol. 12, pp.1-20, doi:10.2312/GFZ.NMSOP_rl_ch12.
- Musson, R.M.W., Grunthal, G., e Stucchi, M., (2009). *The comparison of macroseismic intensity scales*. Journal of Seismology, doi: 10.1007/s10950-009-9172-0.
- Porfido, S., Esposito, E., Vittori, E., Tranfaglia, G., Guerrieri, L., Pece, R., (2007). *Seismically induced ground effects of the 1805, 1930 and 1980 earthquakes in the Southern Apennines (Italy)*. Boll.Soc.Geol.It., 126, 2, 333-346.
- Richter, C.F., (1958). *Elementary Seismology*. San Francisco: W. H. Freeman, p. 768.
- Rizzo, G.B., (1907). *Contributo allo studio del terremoto della Calabria del giorno 8 settembre 1905*, Atti R. Acc. Peloritana, XXII, fasc. I, 2-87.
- Sarconi, M., (1987). *Istoria de Fenomeni del Tremoto avvenuto nelle Calabrie, e nel Valdemone nell'anno 1783 posta in luce dalla Reale Accademia delle Scienze, e delle Belle Lettere di Napoli, Atlante Iconografico, in Napoli 1784, presso Giuseppe Campo Impressore*. Ristampa in fac-simile, Mario Giuditta Editore, Roma-Catanzaro 1987, Introduzione di Emilia Zinzi.
- Serva, L., (1994). *Ground effects in the intensity scales*. Terra Nova, 6, 414-416.
- Sieberg, A., (1923). *Geologische, Physikalische und Angewandte Erdbebenkunde*. G. Fischer, Jena.
- Sieberg, A., (1930). *Geologie der Erdbeben*. Handbuch der Geophysik, 2(4), 552-555.
- Wood, H.O., and Neumann, F., (1931). *Modified Mercalli Intensity Scale of 1931*. Bulletin of the Seismological Society of America, 21, 277-283.

Appendice 1: Scala di Intensità de Rossi-Forel [1883]

Intensitätsskala de Rossi-Forel

Für die Beurteilung der Stärke der Erdstöße wurde wie früher die Rossi-Forelsche oder italienisch-schweizerische *Intensitätsskala* zugrunde gelegt. Sie lautet:

Grad

- I Mikroseismische Bewegung, notiert von einem Seismographen oder von mehreren Instrumenten derselben Art, aber nicht imstande, Seismographen verschiedener Konstruktion in Funktion zu versetzen. Konstatirt von einem geübten Beobachter.
- II Stoß, registriert von Seismographen verschiedenen Systems, konstatiert von einer kleinen Anzahl, im Zustande der Ruhe befindlicher Beobachter.
- III Erschütterung, beobachtet von mehreren Personen in der Ruhe; stark genug, daß Dauer oder Richtung geschätzt werden können.
- IV Erschütterung, beobachtet von Personen in Tätigkeit; Erschütterung beweglicher Objekte, der Fenster, Türen, Krachen der Dielen.
- V Erschütterung allgemein von der ganzen Bevölkerung bemerkt; Erschütterung größerer Gegenstände, der Möbel, Betten; Anschlagen einzelner Hausglocken.
- VI Allgemeines Erwachen der Schlafenden; allgemeines Anschlagen der Hausglocken, Schwanken der Kronleuchter, Stillstehen von Uhren, sichtbares Schwanken der Bäume und Gesträucher. Einzelne Personen verlassen erschreckt die Häuser.
- VII Umstürzen von beweglichen Gegenständen, Ablösen von Gipsstücken aus der Decke und von den Wänden, Anschlagen von Kirchenglocken, allgemeiner Schrecken, noch keine Beschädigung der Bauwerke.
- VIII Herabstürzen von Kaminen, Risse in den Mauern von Gebäuden.
- IX Teilweise oder gänzliche Zerstörung einzelner Gebäude.
- X Großes Unglück, Ruinen, Umsturz von Erdschichten, Entstehen von Spalten in der Erdrinde, Bergstürze.

Anmerkung: Die Zeitangaben beziehen sich auf die *mittlere Zeit von Greenwich*. (G. M. T.)

Appendice 2: Scala Mercalli [1902]

Scala sismica Mercalli

- I. — Scossa **strumentale**, cioè segnalata dai soli strumenti sismici.
- II. **Molto leggera** (leggerissima) avvertita solamente da qualche persona in condizioni di perfetta quiete, specialmente nei piani superiori delle case, ovvero da persone molto sensibili e nervose.
- III. — **Leggera**, avvertita da parecchie persone, ma poche relativamente al numero degli abitanti di un dato paese; si dice che fu *appena sentita* senza nessuna apprensione, e, in generale, senza accorgersi che fosse terremoto, se non dopo saputo che altri hanno pure avvertito il fenomeno.
- IV. — **Sensibile o mediocre**, avvertita non generalmente, ma da molte persone nell'interno delle case però da pochi al piano terreno, senza spavento, ma con tremito d'infissi, di cristalli, scricchiolio d'impalcature, leggera oscillazione di oggetti sospesi.
- V. — **Forte**, avvertita generalmente nelle case, ma da pochi nelle strade: con risveglio di persone addormentate, con spavento di alcuni, sbattere d'uscii, suono di campanelli, oscillazione piuttosto ampia di oggetti sospesi, arresto d'orologi.
- VI. **Molto forte**, avvertita da tutti nelle case e da molti con spavento e fuga all'aperto, caduta di oggetti nelle case, caduta di calcinacci con qualche lesione leggera negli edifici meno solidi.
- VII. — **Fortissima**, avvertita con spavento generale e fuga dalle case, sensibile anche nelle strade, suono di campane da torre; caduta di fumaiuoli e di tegole; lesioni negli edifici numerose, ma in generale leggere.
- VIII. **Rovinoso**, avvertita con grande spavento, rovina parziale di alcune case e lesioni generali e considerevoli nelle altre senza vittime o solamente con qualche disgrazia personale isolata.
- IX. **Disastrosa**, con rovina totale o quasi di alcune case, lesioni gravi in molte altre, tali da renderle inabitabili; vittime umane non molto numerose, ma sparse in diversi punti degli abitati.
- X. **Disastrosissima**, con rovina di molti edifici e molte vittime umane, spaccature nel suolo, scoscendimenti nelle montagne, ecc.

Nel giudicare dell'intensità delle scosse dai loro effetti, bisogna tener calcolo del complesso dei danni e delle loro rovine piuttosto che di qualche fatto isolato, il quale spesso trova la sua ragione nelle condizioni particolari di qualche edificio più che nella intensità della scossa; e specialmente devesi badare se la popolazione si trovava al momento del terremoto nelle case o nelle vie, raccolta nelle chiese o nei teatri.

Appendice 3: Scala MCS [Sieberg, 1923, 1930]

Tabelle 102

Ausführliche Mercalli-Sieberg-Skala zum Bestimmen der relativen
Erdbebenstärken

I. Grad. Unmerklich: Bloß von *Erdbebeninstrumenten* angezeigt.

II. Grad. Sehr leicht: Nur von ganz *vereinzelt*, in vollkommener Ruhe befindlichen, nervösen oder sehr empfindlichen Personen gefühlt und zwar fast ausschließlich in den *oberen Stockwerken* der Häuser.

III. Grad. Leicht: Selbst in dichter besiedelter Gegend wird das Beben *nur von einem kleinen Teile der im Hausinnern befindlichen Bevölkerung* verspürt als Erschütterung, wie beim schnellen Vorüberfahren eines Wagens. Von manchen erst nachträglich durch den gegenseitigen Gedankenaustausch als Erdbeben erkannt.

IV. Grad. Mäßig: Von den *im Freien* befindlichen Personen verspüren nicht viele das Erdbeben. *Im Innern der Häuser* wird es zwar von zahlreichen, jedoch nicht von allen Personen erkannt an zitternden oder leicht wankenden Bewegungen von Möbelstücken, infolge deren dicht beieinander stehende Gläser und Geschirre leise gegeneinanderschlagen wie beim Vorbeifahren eines schweren Lastwagens auf holperigem Pflaster, *Fenster klirren*, Türen, Balken und Dielen krachen, Zimmerdecken knistern. Flüssigkeiten in offenen Gefäßen werden leicht bewegt. Man hat das Empfinden, als falle im Hause ein schwerer Gegenstand (Sack, Möbelstück) um, oder man schwankt samt Stuhl, Bett usw. wie im Schiff bei bewegter See. Schrecken ruft diese Bewegung so gut wie gar nicht hervor, es sei denn, daß Bewohner durch andere Erdbeben bereits nervös oder ängstlich geworden sind. *Vereinzelt erwachen* Schlafende.

V. Grad. Ziemlich stark: Selbst *während des vollen Tagesbetriebes* wird das Erdbeben von sehr zahlreichen auf der Straße oder sonst *im Freien* befindlichen Personen verspürt. In den Wohnungen gelangt es infolge der Erschütterung des ganzen Gebäudes allgemein zur Beobachtung. Gewächse sowie Zweige und schwächere Äste von Sträuchern und Bäumen bewegen sich sichtbar, wie bei einem mäßigen Winde. *Frei hängende Gegenstände geraten in pendelnde Bewegungen*, z. B. Vorhänge, Ampeln, Hängelampen und nicht zu schwere Kronleuchter; Klingeln ertönen; Uhrendel werden angehalten oder schwingen in größerem Bogen, je nachdem die Stoßrichtung senkrecht zur oder in die Schwingungsrichtung fällt; dementsprechend können stehende Pendeluhren wieder in Gang kommen; Uhrfedern tönen; elektrisches Licht zuckt oder versagt infolge der Berührung der Leitungsdrähte; *Bilder schlagen klappernd gegen die Wände oder verschieben sich*; geringe Flüssigkeitsmassen werden aus wohlgefüllten offenen Gefäßen verschüttet; Nippsachen usw. *können umfallen*, desgleichen gegen die Wand gelehnte Gegenstände; leichte Geräte können sogar etwas von der Stelle verschoben werden; Rasseln der Möbel; *Türen und Fensterläden schlagen auf oder zu*; Fensterscheiben zerspringen. Die Schlafenden *erwachen allgemein*. *Vereinzelt flüchten* sich die Einwohner ins Freie.

VI. Grad. Stark: Das Erdbeben wird *von jedermann mit Schrecken* verspürt, so daß *sehr viele sich ins Freie flüchten*; manche glauben umfallen zu müssen. Flüssigkeiten bewegen sich recht stark; *Bilder, Bücher u. dgl. fallen* von den Wänden und von Regalen herab; Geschirr wird zerbrochen; recht standfeste Hausgeräte, sogar *vereinzelte Möbelstücke werden von der Stelle gerückt oder fallen um*; kleinere Glöckchen in Kapellen und Kirchen, Turmuhrn schlagen an.

An *vereinzelt* Häusern solider Bauart entstehen *leichte Schäden*: Risse im Verputz, Abfall von Bewurf der Decken und Wände u. dgl. Kräftigere, aber noch harmlose Schäden an schlecht gebauten Häusern. Vereinzelt können Dachpfannen und Kaminsteine herunterfallen.

VII. Grad. Sehr stark: An den Einrichtungsgegenständen der Wohnungen wird durch *Umwerfen und Zertrümmern selbst schwerer Gegenstände in großer Zahl* erheblicher Schaden angerichtet. *Größere Kirchenglocken schlagen an.* Die Wasserläufe, Teiche und Seen werfen Wellen und trüben sich infolge des aufgerührten Schlammes. Vereinzelt Abgleiten von sandigen und kiesigen Uferpartien. Brunnen verändern ihren Wasserstand.

Mäßige Schäden an zahlreichen Häusern solider Bauart: Leichte Risse in den Mauern, Abbröckeln größerer Partien des Bewurfes und der Stuckverzierungen, von Ziegeln, allgemeines *Heruntergleiten von Dachpfannen.* Viele *Schornsteine* werden durch Risse, Abstürzen der Deckplatte, Herausfallen von Steinen beschädigt; schadhafte Schornsteine brechen bis zum Dach ab und beschädigen es. Von Türmen und hohen Gebäuden fallen schlecht befestigte Verzierungen ab. An Fachwerkbauten sind die Beschädigungen des Bewurfes und der Rahmenfüllungen schon stärker. *Vereinzelte Zerstörungen* an schlecht gebauten oder erhaltenen Häusern.

VIII. Grad. Zerstörend: Ganze Baumstämme schwanken lebhaft oder brechen sogar ab. Selbst die schwersten Möbelstücke werden teils weit von der Stelle gerückt, teils umgeworfen. Statuen, Steinmale u. dgl. nahe dem Boden, also in Kirchen, auf Friedhöfen, in öffentlichen Anlagen usw., drehen sich auf ihren Soekeln oder fallen um. Solide steinerne Einfriedigungen werden auseinandergerissen und zu Boden gelegt.

An etwa $\frac{1}{4}$ der Häuser erfolgen schwere Zerstörungen; vereinzelte Häuser stürzen ein, viele werden unbewohnbar. Bei Fachwerkbauten fällt die Rahmenfüllung größtenteils heraus. Holzhäuser werden gedrückt oder umgeworfen. Namentlich werden Kirchtürme und Fabrikamine in Mitleidenschaft gezogen, deren Einsturz allerdings benachbarte Häuser stärker beschädigen kann, als es die Bebenwirkung allein getan hätte.

Bodenrisse entstehen an steilen Hängen und in nassem Erdreich; in nassem Boden kommt es zum Austreten von Sand oder Schlamm führendem Wasser.

IX. Grad. Verwüstend: *Etwa $\frac{1}{2}$ der Steinhäuser wird schwer zerstört, verhältnismäßig viele stürzen ein, die meisten werden unbewohnbar.* Fachwerkbauten werden auf dem steinernen Unterbau verschoben, in sich gedrückt und damit die Zapfen mancher Rahmen abgeschert, wodurch sie unter Umständen erheblicher in Mitleidenschaft gezogen werden.

X. Grad. Vernichtend: *Schwere Zerstörungen an etwa $\frac{3}{4}$ der Gebäude, die meisten davon stürzen ein.* Selbst gut konstruierte hölzerne Gebäude und Brücken erleiden schwere Beschädigungen, einzelne werden auch zerstört. Deiche und Dämme usw. werden mehr oder minder erheblich beschädigt, Eisenbahnschienen leicht verbogen und Leitungsröhren (Gas- und Wasserleitungen, Kanalisationen) im Boden abgeschert, zerrissen oder gestaucht. Im Pflaster und Asphaltbelag der Straßen entstehen Risse und durch Stauchung hervorgerufene breite, wellenförmige Falten.

In lockerem und namentlich feuchtem Erdreich entstehen *Bodenrisse* bis zu mehreren Dezimetern Breite; namentlich treten nahe den Wasserläufen parallel zu diesen verlaufende Spalten auf, die bis etwa 1 m Breite haben können. Nicht allein gleitet lockerer Boden als Landschliff von den Felsengehängen ab, sondern auch Felspartien können als Felsstürze zu Tale gehen. Von Flußufern und auch wohl an Steilküsten brechen ganze Partien ab, an Flachküsten kommt es zu gleitenden Verschiebungen der Sand- und Schlickmassen, wodurch das Bodenrelief mitunter nicht unwesentliche Veränderungen erfährt. Brunnen ändern häufig ihren Wasserstand. Aus Flüssen, Kanälen, Seen usw. wird das Wasser an die Ufer geschleudert.

XI. Grad. Katastrophe: *Einsturz sämtlicher Steingebäude.* Solide Holzbauten und nachgiebige Flechtwerkshütten vermögen nur noch vereinzelt standzuhalten. Unter den Brückenbauten werden selbst die großen und sicher konstruierten dadurch zerstört, daß massive Steinpfeiler abbrechen oder die eisernen Pfeiler durchknicken. Deiche und Dämme werden, oft auf weite Strecken hin, ganz auseinandergerissen, Eisenbahnschienen stark verbogen und gestaucht. Leitungsröhren im Boden werden völlig auseinandergerissen und unbrauchbar gemacht.

Im *Erdboden* zeigen sich mannigfaltige und bereits recht umfangreiche Veränderungen, die durch die Bodenbeschaffenheit näher bestimmt werden: Breite Risse und Spalten öffnen sich, und besonders in weichem oder gar wasserhaltigem Boden sind die Zerrüttungen in wagerechter und senkrechter Richtung bedeutend. Dazu kommt noch das Austreten von Sand oder Schlamm führendem Wasser mit seinen verschiedenen Erscheinungsformen. Die *Landschlipfe* und *Felsstürze* sind zahlreich.

XII. Grad. Große Katastrophe: Kein Werk von Menschenhand hält stand.

Die *Umgestaltungen des Bodens* nehmen die großartigsten Maße an. Dementsprechend erleiden die unterirdischen und oberirdischen Wasserläufe die mannigfachsten Beeinflussungen: Es entstehen Wasserfälle, Seen werden aufgestaut, Flüsse abgelenkt usw.

Da die große Zahl von Kennzeichen den Überblick über die vorstehende Skala erschwert, sind die *wichtigsten* unter ihnen in Tabelle 103 übersichtlich zusammengestellt. Wer sich den Inhalt der erweiterten Skala zu eigen gemacht hat, wird im allgemeinen mit der vereinfachten Übersicht als Hilfsmittel für das Gedächtnis auskommen.

In den eigentlichen Erdbebenländern pflegt meistens bloß den Zerstörungen Aufmerksamkeit geschenkt zu werden, so daß es oftmals schwer fällt, außerhalb des Zerstörungsgebietes brauchbare Angaben für die Gradeinteilung zu erhalten. Der Verschiedenartigkeit der *Bauweisen* ließ sich in der neuen Skala bloß in bescheidenem Maße Rechnung tragen. Aber diese Unzulänglichkeit ist bei weitem nicht von so großer Tragweite, wie es auf den ersten Blick scheint, weil wir ja keine Absolutwerte, sondern bloß miteinander vergleichbare Relativwerte erhalten wollen. Gerade deshalb ist es, wie auch die Erfahrung lehrt, ein leichtes, die erweiterte Mercalliskala baulichen und sonstigen Eigenheiten verschiedenster Weltgegenden in ausreichender Weise anzupassen. Mitunter können sogar halbe Grade geschätzt werden. Weshalb bei der Beurteilung von *Bodenumgestaltungen* große Vorsicht geboten ist, wird in Kapitel 17 dargelegt.

Appendice 4: Scala MM [Wood and Neumann, 1931]

MODIFIED MERCALLI INTENSITY SCALE OF 1931

Adapted from Sieberg's Mercalli-Cancani scale, modified and condensed.

- I Not felt** — or, except rarely under especially favorable circumstances.
Under certain conditions, at and outside the boundary of the area in which a great shock is felt:
- [I
R.F.] sometimes birds, animals, reported uneasy or disturbed;
sometimes dizziness or nausea experienced;
sometimes trees, structures, liquids, bodies of water, may sway—
doors may swing, very slowly.
- II Felt indoors by few, especially on upper floors, or by sensitive, or nervous persons.**
Also, as in grade I, but often more noticeably:
- [I
to
II
R.F.] sometimes **hanging objects may swing**, especially when delicately suspended;
sometimes trees, structures, liquids, bodies of water, may sway, doors may swing, very slowly;
sometimes birds, animals, reported uneasy or disturbed;
sometimes dizziness or nausea experienced.
- III Felt indoors by several, motion usually rapid vibration.**
Sometimes not recognized to be an earthquake at first.
Duration estimated in some cases.
- [III
R.F.] Vibration like that due to passing of light, or lightly loaded trucks, or heavy trucks some distance away.
Hanging objects may swing slightly.
Movements may be appreciable on upper levels of tall structures.
Rocked standing motor cars slightly.
- IV Felt indoors by many, outdoors by few.**
Awakened few, especially light sleepers.
Frightened no one, unless apprehensive from previous experience.
Vibration like that due to passing of heavy, or heavily loaded trucks.
- [IV
to
V
R.F.] Sensation like heavy body striking building, or falling of heavy objects inside.
Rattling of dishes, windows, doors; glassware and crockery clink and clash.
Creaking of walls, frame, especially in the upper range of this grade.
Hanging objects swung, in numerous instances.
Disturbed liquids in open vessels **slightly**.
Rocked standing motor cars noticeably.
- V Felt indoors by practically all, outdoors by many or most: outdoors direction estimated.**
Awakened many, or most.
Frightened few—slight excitement, a few ran outdoors.
Buildings trembled throughout.
Broke dishes, glassware, to some extent.
- [V
to
VI
R.F.] **Cracked windows**—in some cases, but not generally.
Overturned vases, small or unstable objects, in many instances, with occasional fall.
Hanging objects, doors, swing generally or considerably.
Knocked pictures against walls, or swung them out of place.
Opened, or closed, doors, shutters, abruptly.
Pendulum clocks stopped, started, or ran fast, or slow.
Moved small objects, furnishings, the latter to slight extent.
Spilled liquids in small amounts from well-filled open containers.
Trees, bushes, shaken slightly.

- VI **Felt by all, indoors and outdoors.**
 Frightened many, excitement general, some alarm, many ran outdoors.
 Awakened all.
- { VI
to
VII
R.F. }
- Persons made to move unsteadily.
Trees, bushes, shaken slightly to moderately.
 Liquid set in strong motion.
 Small bells rang—church, chapel, school, etc.
Damage slight in poorly built buildings.
Fall of plaster in small amount.
Cracked plaster somewhat, especially fine cracks **chimneys** in some instances.
Broke dishes, glassware, in considerable quantity, also some windows.
Fall of knick-knacks, books, pictures.
Overturned furniture in many instances.
Moved furnishings of moderately heavy kind.
- VII **Frightened all—general alarm, all ran outdoors.**
 Some, or many, found it difficult to stand.
 Noticed by persons driving motor cars.
 Trees and bushes shaken moderately to strongly.
 Waves on ponds, lakes, and running water.
 Water turbid from mud stirred up.
 Incaving to some extent of sand or gravel stream banks.
 Rang large church bells, etc.
 Suspended objects made to quiver.
- { VIII—
R.F. }
- Damage negligible** in buildings of good design and construction, **slight** to moderate in well-built ordinary buildings, **considerable** in poorly built or badly designed buildings, adobe houses, old walls (especially where laid up without mortar), spires, etc.
Cracked chimneys to considerable extent, **walls** to some extent.
Fall of plaster in considerable to large amount, also some stucco.
Broke numerous windows, furniture to some extent.
 Shook down loosened brickwork and tiles.
 Broke weak chimneys at the roof-line (sometimes damaging roofs).
Fall of cornices from towers and high buildings.
 Dislodged bricks and stones.
Overturned heavy furniture, with damage from breaking.
Damage considerable to concrete irrigation ditches.
- VIII **Fright general—alarm approaches panic.**
 Disturbed persons driving motor cars.
 Trees shaken strongly—branches, trunks, broken off, especially palm trees.
 Ejected sand and mud in small amounts.
 Changes: temporary, permanent; in flow of springs and wells; dry wells renewed flow; in temperature of spring and well waters.
Damage slight in structures (brick) built especially to withstand earthquakes.
- { VIII+
to
IX—
R.F. }
- Considerable** in ordinary substantial buildings, partial collapse: racked, tumbled down, wooden houses in some cases; threw out panel walls in frame structures, broke off decayed piling.

Fall of walls.

Cracked, broke, solid stone walls seriously.

Wet ground to some extent, also ground on steep slopes.

Twisting, fall, of chimneys, columns, monuments, also factory stacks, towers.

Moved conspicuously, overturned, very heavy furniture.

IX Panic general.

Cracked ground conspicuously.

Damage considerable in (masonry) structures built especially to withstand earthquakes :

[IX+
R.F.] threw out of plumb some wood-frame houses built especially to withstand earthquakes;

great in substantial (masonry) buildings, some collapse in large part; or wholly shifted frame buildings off foundations, racked frames; serious to reservoirs; underground pipes sometimes broken.

X **Cracked ground**, especially when loose and wet, up to widths of several inches; fissures up to a yard in width ran parallel to canal and stream banks.

Landslides considerable from river banks and steep coasts.

Shifted sand and mud horizontally on beaches and flat land.

[X
R.F.] Changed level of water in wells.

Threw water on banks of canals, lakes, rivers, etc.

Damage serious to dams, dikes, embankments.

Severe to well-built wooden structures and bridges, some destroyed.

Developed dangerous cracks in excellent brick walls.

Destroyed most masonry and frame structures, also their foundations.

Bent railroad rails slightly.

Tore apart, or crushed endwise, pipe lines buried in earth.

Open cracks and broad wavy folds in cement pavements and asphalt road surfaces.

XI Disturbances in ground many and widespread, varying with ground material.

Broad fissures, earth slumps, and land slips in soft, wet ground.

Ejected water in large amount charged with sand and mud.

Caused sea-waves ("tidal" waves) of significant magnitude.

Damage severe to wood-frame structures, especially near shock centers.

Great to dams, dikes, embankments, often for long distances.

Few, if any (masonry), structures remained standing.

Destroyed large well-built bridges by the wrecking of supporting piers, or pillars.

Affected yielding wooden bridges less.

Bent railroad rails greatly, and thrust them endwise.

Put pipe lines buried in earth completely out of service.

XII **Damage total**—practically all works of construction damaged greatly or destroyed.

Disturbances in ground great and varied, numerous shearing cracks.

Landslides, falls of rock of significant character, slumping of river banks; etc., numerous and extensive.

Wrenched loose, tore off, large rock masses.

Fault slips in firm rock, with notable horizontal and vertical offset displacements.

Water channels, surface and underground, disturbed and modified greatly.

Dammed lakes, produced waterfalls, deflected rivers, etc.

Waves seen on ground surfaces (actually seen, probably, in some cases).

Distorted lines of sight and level.

Threw objects upward into the air.

Appendice 5: Scala MSK [Medvedev et al., 1964; Console e Gasparini, 1977]

SCALA MEDVEDEV - SPONHEUR - KARNIK

1. Tipi di edifici

Struttura A : costruzione in pietrame naturale, costruzioni rurali, case di adobe (in mattoni crudi o con malta di argilla) e case con argilla o limo .

Struttura B : costruzioni in mattoni comuni, in grossi blocchi o in prefabbricati, muratura con telai di legname, costruzioni in pietra squadrata.

Struttura C : costruzioni armate, strutture in legno ben fatte.

2. Significato di alcuni termini di valutazione approssimata

a) singoli (qualcuno), pochi	5%;
b) molti	50%;
c) la maggior parte	75%;

3. Classificazione dei danni agli edifici (in categorie)

1. Lievi danni: esili crepe negli intonaci; caduta di piccoli pezzi di intonaco. Cat. 1

2. Moderati danni: piccole lesioni nei muri; caduta di grandi pezzi di intonaco; caduta di tegole; lesioni di comignoli; caduta di parti di comignoli. Cat. 2.

3. Forti danni lesioni ampie e profonde dei muri; caduta di comignoli. Cat. 3.

4. Distruzioni: aperture nei muri, possono crollare parti di edifici. Le singole parti di edifici perdono la loro unione. Crollano muri interni. Cat. 4.

5. Danni totali degli edifici. Cat. 5.

4. Elementi di base della scala

a) persone e dintorni;

- b) costruzioni di altri generi;
- c) natura.

SCALA

I grado - Scossa non percepita. L'intensità della vibrazione è al disotto del limite della sensibilità ed è avvertita e registrata soltanto dagli strumenti sismici.

II grado - Scossa appena percettibile. La scossa è avvertita soltanto da alcune persone entro casa e specialmente nei piani superiori (delle case stesse).

III grado - Scossa debole, avvertita non da tutti. All'interno della casa la scossa è avvertita solo da pochi, all'esterno soltanto in circostanze favorevoli. La vibrazione assomiglia a quella dovuta al passaggio di un mezzo (autocarro) leggero. Un osservatore attento può scorgere un lento oscillare di oggetti sospesi e più facilmente nei piani superiori.

IV grado - Scossa avvertita dalla gran parte delle persone. Il terremoto è avvertito da molti nelle case, da pochi all'aperto, si svegliano alcuni che dormono, ma non v'è spavento. Lo scuotimento è simile a quello dovuto al passaggio di un autocarro molto carico. Finestre e porte scricchiolano e vasellame (piatti, bicchieri, ecc.) tintinna (cioè rumori di finestre, porte e vasellame). Muri e solai si lesionano, mobili tremano. Oggetti sospesi oscillano leggermente. Liquidi in serbatoi aperti oscillano lievemente. In automobile ferma si avverte la scossa.

V grado - Sveglia

a) La scossa è avvertita da tutti all'interno, da molti all'aperto. Molti dormienti si svegliano. Qualcuno scappa fuori dalla casa, gli animali diventano inquieti. Si verifica un tremore dell'intero edificio. Oggetti sospesi oscillano considerevolmente. Quadri battono contro il muro o si spostano. Orologi a pendolo possono fermarsi. Oggetti poco stabili possono cadere o ruotare. Porte e scuri di finestre aperti sbattono, liquidi che riempiono serbatoi (o recipienti) traboccano in piccola misura. La vibrazione dà la stessa sensazione della caduta in casa di un oggetto pesante.

- b) Piccoli danni agli edifici del tipo A.
- c) In qualche sorgente si nota una variazione di portata.

VI grado - Spavento

a) Avvertita dalla maggior parte delle persone al coperto e all'aperto. Molti nelle case si spaventano e scappano all'aperto. Qualcuno perde l'equilibrio. Animali domestici scappano dalle stalle. In pochi casi piatti e bicchieri possono rompersi e i libri cadere. Pesanti mobili possono eventualmente smuoversi e piccole campane di

campanili possono suonare.

b) Qualche casa di tipo B e molte del tipo A subiscono danni della categoria 1, qualche casa del tipo A subisce danni della categoria 2.

c) Qualche apertura nel terreno umido fino a 1 cm di larghezza; qualche franamento nei rilievi; si notano variazioni di portate di sorgenti e delle loro quote.

VII grado - Danni ad edifici

a) La maggior parte degli abitanti si spaventa e fugge all'aperto. Molti trovano difficoltà a restare all'impiedi. Gli scuotimenti del terreno sono avvertiti (anche) da persone che guidano auto. Suonano grandi campane.

b) In molti edifici del tipo C si verificano danni della cat. 1, in molti del tipo B danni della cat. 2. La maggior parte delle case del tipo A subisce danni della categoria 3 e qualcuna della categoria 4. In qualche caso franamenti nei rilevati stradali nelle scarpate acclivi con crepe sulla sede stradale, giunti delle condutture sono danneggiati, lesioni nei muri di pietra (pietrame ?).

c) Si formano onde sull'acqua e l'acqua è resa torbida dal fango smosso. Variano livelli e portate di sorgenti. In pochi casi le sorgenti ormai estinte riprendono a erogare e viceversa. Qua e là franano sponde (scarpate) costituite da ghiaie o da sabbie.

VIII grado - Distruzione di edifici

a) Spavento e panico, gli autisti si spaventano. Qua e là si staccano rami di alberi. Anche la mobilia si smuove ed in parte si rovescia.

In parte i lampadari sono danneggiati.

b) I danni possono così riassumersi:

La maggior parte degli edifici C subisce danni della cat. 2; alcuni degli edifici C subiscono danni della cat. 3. La maggior parte degli edifici B subisce danni della cat. 3. La maggior parte degli edifici A subisce danni della cat. 4.

In qualche punto si rompono i giunti delle condutture. Si storcono e si spostano monumenti e statue; pietre sepolcrali crollano. Crollano muri di pietre.

c) Piccoli franamenti in scavi o in rilevati stradali con scarpate ripide. Nel terreno si formano crepe di qualche centimetro di larghezza. L'acqua nei laghi si intorbida. Si formano nuovi laghi. Sorgenti si essicano o compaiono; molte volte variano le loro portate e le quote di emergenza.

IX grado - Danni generali agli edifici

a) Panico generale. Numerosi danni a mobili e oggetti di casa. Gli animali gridano e corrono sbandati.

b) Gli edifici presentano i seguenti danni:

molte di tipo C subiscono danni di cat. 3

molte di tipo C subiscono danni di cat. 4

molte di tipo B subiscono danni di cat. 4

alcuni di tipo B subiscono danni di cat. 5

molti di tipo A subiscono danni di cat. 5

Monumenti e statue cadono.

Danni considerevoli ai serbatoi, condutture sottoterra si rompono in parte. In qualche caso le rotaie delle ferrovie si contorcono, rilevati stradali danneggiati.

c) Nelle aree pianeggianti si nota spesso risalita in superficie d'acqua con o senza sabbia o fango.

Crepe del terreno fino a 10 cm di larghezza, sui pendii e sponde di fiumi anche più di 10 cm. oltre, si intende, numerose crepe minori; frane di roccia, molti franamenti e colate di terra; ampie ondate nelle acque. Sorgenti scompaiono e ricompaiono.

X grado - Distruzioni generali degli edifici.

a) Gli edifici subiscono i seguenti danni:

molti edifici del tipo C subiscono danni della cat. 4

pochi edifici del tipo C subiscono danni della cat. 5

molti edifici del tipo B subiscono danni della cat. 5

la maggior parte degli edifici del tipo A subisce distruzioni della cat. 5.

Danni preoccupanti alle dighe di ritenuta ed ai bacini e severi danni ai ponti. Rotaie delle ferrovie sono contorte: condutture sotterranee rotte e piegate; sulle strade si formano delle ondulazioni.

b) Crepe del terreno di alcuni decimetri con qualcuna fino a 1 m. Parallelamente ai corsi d'acqua fratture ampie; terreni sciolti scendono verso il basso.

Sulle rive dei fiumi e sulle coste ripide possono verificarsi frane di notevole entità. Nelle (aree di) spiagge spostamenti di sabbia e di fango, varia il regime di sorgenti, l'acqua straripa dai canali, dai fiumi, dai laghi. Si formano nuovi laghi.

XI grado - Distruzione.

Anche qui non sono considerati più gli effetti sugli uomini e sugli animali.

Perciò si considerano le sole lettere b) e c).

b) Severi danni anche negli edifici meglio costruiti, nei ponti, nelle dighe e alle rotaie delle ferrovie. Strade si rendono inutilizzabili. Distrutte condutture sotterranee.

c) Numerose modifiche del terreno dovute a crepe, fratture e movimenti sia orizzontali, che verticali; numerosi franamenti di tipi vari.

L'intensità del terremoto richiede ricerche speciali.

XII grado - Modifiche della topografia.

b) Dal punto di vista di danni agli edifici la scala non aggiunge altro a quanto detto per il grado XI, d'altronde, gli effetti sismici di cui alla seguente lettera c) assorbono quelli riguardanti i danni alle costruzioni civili (n.d.r.).

(Praticamente) ogni costruzione fuori e dentro terra è fortemente danneggiata

o distrutta.

c) La superficie del suolo viene profondamente deformata. Si notano considerevoli crepe con movimenti verticali ed orizzontali nonché ampie frane di rocce e scoscendimenti vari compresi quelli delle sponde e rive di corsi (o bacini ecc.) di acqua, si formano cascate d'acqua; fiumi sono deviati nel loro corso e talora sbarrati fino a formare laghi.

L'intensità del terremoto richiede ricerche speciali.

TABELLA I

Caratteristiche delle oscillazioni sismiche corrispondenti ai 6 ultimi gradi della scala di MEDVEDEV, SPONHEUR e KARNIK (maggio 1963) (v. Comun. all'*Associazione di Sismologia* ecc. durante la 13^a *Assemblea Generale* dell'*UGGI* a Berkeley nell'agosto 1963)

Gradi della scala proposta	Accelerazioni in cm/sec ² per periodi fra 0,1 e 0,5 secondi	Velocità in cm/sec per periodi fra 0,5 e 2 secondi	Ampiezza del centro di gravità della massa del pendolo in mm. Il periodo proprio del pendolo è di 0,25 sec e il decremento logaritmico è 0,5
5) sveglia di dormienti	12 - 25	1 - 2	0,5 - 1,0
6) spaventi	25 - 50	2,1 - 4	1,1 - 2,0
7) danni a costruzioni	50 - 100	4,1 - 8	2,1 - 4,0
8) distruzione di costruzioni	100 - 200	8,1 - 16	4,1 - 8,0
9) danno generale alle costruzioni	200 - 400	16,1 - 32	8,1 - 16,0
10) distruzione generale di costruzioni	400 - 800	32,1 - 64	16,1 - 32,0
11) distruzioni	—	—	—
12) modifiche della topografia	—	—	—

Appendice 6: Scala EMS [Grunthal, 1998]

Definitions of intensity degrees

Arrangement of the scale:

- a) Effects on humans
- b) Effects on objects and on nature
(effects on ground and ground failure are dealt with especially in Section 7)
- c) Damage to buildings

Introductory remark:

The single intensity degrees can include the effects of shaking of the respective lower intensity degree(s) also, when these effects are not mentioned explicitly.

I. Not felt

- a) Not felt, even under the most favourable circumstances.
- b) No effect.
- c) No damage.

II. Scarcely felt

- a) The tremor is felt only at isolated instances (<1%) of individuals at rest and in a specially receptive position indoors.
- b) No effect.
- c) No damage.

III. Weak

- a) The earthquake is felt indoors by a few. People at rest feel a swaying or light trembling.
- b) Hanging objects swing slightly.
- c) No damage.

IV. Largely observed

- a) The earthquake is felt indoors by many and felt outdoors only by very few. A few people are awakened. The level of vibration is not frightening. The vibration is moderate. Observers feel a slight trembling or swaying of the building, room or bed, chair etc.
- b) China, glasses, windows and doors rattle. Hanging objects swing. Light furniture shakes visibly in a few cases. Woodwork creaks in a few cases.
- c) No damage.

V. Strong

- a) The earthquake is felt indoors by most, outdoors by few. A few people are frightened and run outdoors. Many sleeping people awake. Observers feel a strong shaking or rocking of the whole building, room or furniture.
- b) Hanging objects swing considerably. China and glasses clatter together. Small, top-heavy and/or precariously supported objects may be shifted or fall down. Doors and windows swing open or shut. In a few cases window panes break. Liquids oscillate and may spill from well-filled containers. Animals indoors may become uneasy.
- c) Damage of grade 1 to a few buildings of vulnerability class A and B.

VI. Slightly damaging

- a) Felt by most indoors and by many outdoors. A few persons lose their balance. Many people are frightened and run outdoors.
- b) Small objects of ordinary stability may fall and furniture may be shifted. In few instances dishes and glassware may break. Farm animals (even outdoors) may be frightened.
- c) Damage of grade 1 is sustained by many buildings of vulnerability class A and B; a few of class A and B suffer damage of grade 2; a few of class C suffer damage of grade 1.

VII. Damaging

- a) Most people are frightened and try to run outdoors. Many find it difficult to stand, especially on upper floors.
- b) Furniture is shifted and top-heavy furniture may be overturned. Objects fall from shelves in large numbers. Water splashes from containers, tanks and pools.
- c) Many buildings of vulnerability class A suffer damage of grade 3; a few of grade 4.
Many buildings of vulnerability class B suffer damage of grade 2; a few of grade 3.
A few buildings of vulnerability class C sustain damage of grade 2.
A few buildings of vulnerability class D sustain damage of grade 1.

VIII. Heavily damaging

- a) Many people find it difficult to stand, even outdoors.
- b) Furniture may be overturned. Objects like TV sets, typewriters etc. fall to the ground. Tombstones may occasionally be displaced, twisted or overturned. Waves may be seen on very soft ground.
- c) Many buildings of vulnerability class A suffer damage of grade 4; a few of grade 5.
Many buildings of vulnerability class B suffer damage of grade 3; a few of grade 4.
Many buildings of vulnerability class C suffer damage of grade 2; a few of grade 3.
A few buildings of vulnerability class D sustain damage of grade 2.

IX. Destructive

- a) General panic. People may be forcibly thrown to the ground.
- b) Many monuments and columns fall or are twisted. Waves are seen on soft ground.
- c) Many buildings of vulnerability class A sustain damage of grade 5.
Many buildings of vulnerability class B suffer damage of grade 4; a few of grade 5.
Many buildings of vulnerability class C suffer damage of grade 3; a few of grade 4.
Many buildings of vulnerability class D suffer damage of grade 2; a few of grade 3.
A few buildings of vulnerability class E sustain damage of grade 2.

X. Very destructive

- c) Most buildings of vulnerability class A sustain damage of grade 5.
Many buildings of vulnerability class B sustain damage of grade 5.
Many buildings of vulnerability class C suffer damage of grade 4; a few of grade 5.
Many buildings of vulnerability class D suffer damage of grade 3; a few of grade 4.
Many buildings of vulnerability class E suffer damage of grade 2; a few of grade 3.
A few buildings of vulnerability class F sustain damage of grade 2.

XI. Devastating

- c) Most buildings of vulnerability class B sustain damage of grade 5.
Most buildings of vulnerability class C suffer damage of grade 4; many of grade 5.
Many buildings of vulnerability class D suffer damage of grade 4; a few of grade 5.
Many buildings of vulnerability class E suffer damage of grade 3; a few of grade 4.
Many buildings of vulnerability class F suffer damage of grade 2; a few of grade 3.

XII. Completely devastating

- c) All buildings of vulnerability class A, B and practically all of vulnerability class C are destroyed. Most buildings of vulnerability class D, E and F are destroyed. The earthquake effects have reached the maximum conceivable effects.

Appendice 7: Scala ESI [Michetti, et al., 2007]

From I to III: There are no environmental effects that can be used as diagnostic.

IV Largely observed / First unequivocal effects in the environment

Primary effects are absent.

Secondary effects

- a) Rare small variations of the water level in wells and/or of the flow-rate of springs are locally recorded, as well as extremely rare small variations of chemical-physical properties of water and turbidity in springs and wells, especially within large karstic spring systems, which appear to be most prone to this phenomenon.
- b) In closed basins (lakes, even seas) seiches with height not exceeding a few centimeters may develop, commonly observed only by tidal gauges, exceptionally even by naked eye, typically in the far field of strong earthquakes. Anomalous waves are perceived by all people on small boats, few people on larger boats, most people on the coast. Water in swimming pools swings and may sometimes overflow.
- c) Hair-thin cracks (millimeter-wide) might be occasionally seen where lithology (e.g., loose alluvial deposits, saturated soils) and/or morphology (slopes or ridge crests) are most prone to this phenomenon.
- d) Exceptionally, rocks may fall and small landslides may be (re)activated, along slopes where the equilibrium is already near the limit state, e.g. steep slopes and cuts, with loose and generally saturated soil.
- e) Tree limbs shake feebly.

V Strong / Marginal effects in the environment

Primary effects are absent.

Secondary effects

- a) Rare variations of the water level in wells and/or of the flow-rate of springs are locally recorded, as well as small variations of chemical-physical properties of water and turbidity in lakes, springs and wells.
- b) In closed basins (lakes, even seas) seiches with height of decimeters may develop, sometimes noted also by naked eye, typically in the far field of strong earthquakes. Anomalous waves up to several tens of cm high are perceived by all people on boats and on the coast. Water in swimming pools overflows.
- c) Thin cracks (millimeter-wide and several cms up to one meter long) are locally seen where lithology (e.g., loose alluvial deposits, saturated soils) and/or morphology (slopes or ridge crests) are most prone to this phenomenon.
- d) Rare small rockfalls, rotational landslides and slump earth flows may take place, along often but not necessarily steep slopes where equilibrium is near the limit state, mainly loose deposits and saturated soil. Underwater landslides may be triggered, which can induce small anomalous waves in coastal areas of sea and lakes.
- e) Tree limbs and bushes shake slightly, very rare cases of fallen dead limbs and ripe fruit.
- f) Extremely rare cases are reported of liquefaction (sand boil), small in size and in areas most prone to this phenomenon (highly susceptible, recent, alluvial and coastal deposits, near-surface water table).

VI Slightly damaging / Modest effects in the environment

Primary effects are absent.

Secondary effects:

- a) Significant variations of the water level in wells and/or of the flow-rate of springs are locally recorded, as well as small variations of chemical-physical properties of water and turbidity in lakes, springs and wells.
- b) Anomalous waves up to many tens of cm high flood very limited areas nearshore. Water in swimming pools and small ponds and basins overflows.
- c) Occasionally, millimeter-centimeter wide and up to several meters long fractures are observed in loose alluvial deposits and/or saturated soils; along steep slopes or riverbanks they can be 1-2 cm wide. A few minor cracks develop in paved (either asphalt or stone) roads.
- d) Rockfalls and landslides with volume reaching ca. 10^3 m^3 can take place, especially where equilibrium is near the limit state, e.g. steep slopes and cuts, with loose saturated soil, or highly weathered / fractured rocks. Underwater landslides can be triggered, occasionally provoking small anomalous waves in coastal areas of sea and lakes, commonly seen by instrumental records.
- e) Trees and bushes shake moderately to strongly; a very few tree tops and unstable-dead limbs may break and fall, also depending on species, fruit load and state of health.
- f) Rare cases are reported of liquefaction (sand boil), small in size and in areas most prone to this phenomenon (highly susceptible, recent, alluvial and coastal deposits, near surface water table).

VII Damaging / Appreciable effects in the environment

Primary effects observed very rarely, and almost exclusively in volcanic areas. Limited surface fault ruptures, tens to hundreds of meters long and with centimetric offset, may occur, essentially associated to very shallow earthquakes.

Secondary effects: The total affected area is in the order of 10 km².

- a) Significant temporary variations of the water level in wells and/or of the flow-rate of springs are locally recorded. Seldom, small springs may temporarily run dry or appear. Weak variations of chemical-physical properties of water and turbidity in lakes, springs and wells are locally observed.
- b) Anomalous waves even higher than a meter may flood limited nearshore areas and damage or wash away objects of variable size. Water overflows from small basins and watercourses.
- c) Fractures up to 5-10 cm wide and up to hundred metres long are observed, commonly in loose alluvial deposits and/or saturated soils; rarely in dry sand, sand-clay, and clay soil fractures, up to 1 cm wide. Centimeter-wide cracks are common in paved (asphalt or stone) roads.
- d) Scattered landslides occur in prone areas, where equilibrium is unstable (steep slopes of loose / saturated soils), while modest rock falls are common on steep gorges, cliffs). Their size is sometimes significant (10³ - 10⁵ m³); in dry sand, sand-clay, and clay soil, the volumes are usually up to 100 m³. Ruptures, slides and falls may affect riverbanks and artificial embankments and excavations (e.g., road cuts, quarries) in loose sediment or weathered / fractured rock. Significant underwater landslides can be triggered, provoking anomalous waves in coastal areas of sea and lakes, directly felt by people on boats and ports.
- e) Trees and bushes shake vigorously; especially in densely forested areas, many limbs and tops break and fall.
- f) Rare cases are reported of liquefaction, with sand boils up to 50 cm in diameter, in areas most prone to this phenomenon (highly susceptible, recent, alluvial and coastal deposits, near surface water table).

VIII Heavily damaging / Extensive effects in the environment

Primary effects: observed rarely.

Ground ruptures (surface faulting) may develop, up to several hundred meters long, with offsets not exceeding a few cm, particularly for very shallow focus earthquakes such as those common in volcanic areas. Tectonic subsidence or uplift of the ground surface with maximum values on the order of a few centimeters may occur.

Secondary effects: The total affected area is in the order of 100 km².

- a) Springs may change, generally temporarily, their flow-rate and/or elevation of outcrop. Some small springs may even run dry. Variations in water level are observed in wells. Weak variations of chemical-physical properties of water, most commonly temperature, may be observed in springs and/or wells. Water turbidity may appear in closed basins, rivers, wells and springs. Gas emissions, often sulphureous, are locally observed.
- b) Anomalous waves up to 1-2 meters high flood nearshore areas and may damage or wash away objects of variable size. Erosion and dumping of waste is observed along the beaches, where some bushes and even small weak-rooted trees can be eradicated and drifted away. Water violently overflows from small basins and watercourses.
- c) Fractures up to 50 cm wide are and up to hundreds metres long commonly observed in loose alluvial deposits and/or saturated soils; in rare cases fractures up to 1 cm can be observed in competent dry rocks. Decimetric cracks common in paved (asphalt or stone) roads, as well as small pressure undulations.
- d) Small to moderate (10³ - 10⁵ m³) landslides widespread in prone areas; rarely they can occur also on gentle slopes; where equilibrium is unstable (steep slopes of loose / saturated soils; rock falls on steep gorges, coastal cliffs) their size is sometimes large (10⁵ - 10⁶ m³). Landslides can occasionally dam narrow valleys causing temporary or even permanent lakes. Ruptures, slides and falls affect riverbanks and artificial embankments and excavations (e.g., road cuts, quarries) in loose sediment or weathered / fractured rock. Frequent occurrence of landslides under the sea level in coastal areas.
- e) Trees shake vigorously; branches may break and fall, even uprooted trees, especially along steep slopes.
- f) Liquefaction may be frequent in the epicentral area, depending on local conditions; sand boils up to ca. 1 m in diameter; apparent water fountains in still waters; localised lateral spreading and settlements (subsidence up to ca. 30 cm), with fissuring parallel to waterfront areas (river banks, lakes, canals, seashores).
- g) In dry areas, dust clouds may rise from the ground in the epicentral area.
- h) Stones and even small boulders and tree trunks may be thrown in the air, leaving typical imprints in soft soil.

IX Destructive / Effects in the environment are a widespread source of considerable hazard and become important for intensity assessment

Primary effects: observed commonly.

Ground ruptures (surface faulting) develop, up to a few km long, with offsets generally in the order of several cm. Tectonic subsidence or uplift of the ground surface with maximum values in the order of a few decimeters may occur.

Secondary effects: The total affected area is in the order of 1000 km².

- a) Springs can change, generally temporarily, their flow-rate and/or location to a considerable extent. Some modest springs may even run dry. Temporary variations of water level are commonly observed in wells. Water temperature often changes in springs and/or wells. Variations of chemical-physical properties of water, most commonly temperature, are observed in springs and/or wells. Water turbidity is common in closed basins, rivers, wells and springs. Gas emissions, often sulphureous, are observed, and bushes and grass near emission zones may burn.
- b) Meters high waves develop in still and running waters. In flood plains water streams may even change their course, also because of land subsidence. Small basins may appear or be emptied. Depending on shape of sea bottom and coastline, dangerous tsunamis may reach the shores with runups of up to several meters flooding wide areas. Widespread erosion and dumping of waste is observed along the beaches, where bushes and trees can be eradicated and drifted away.
- c) Fractures up to 100 cm wide and up to hundreds metres long are commonly observed in loose alluvial deposits and/or saturated soils; in competent rocks they can reach up to 10 cm. Significant cracks common in paved (asphalt or stone) roads, as well as small pressure undulations.
- d) Landsliding widespread in prone areas, also on gentle slopes; where equilibrium is unstable (steep slopes of loose / saturated soils; rock falls on steep gorges, coastal cliffs) their size is frequently large (105 m³), sometimes very large (106 m³). Landslides can dam narrow valleys causing temporary or even permanent lakes. Riverbanks, artificial embankments and excavations (e.g., road cuts, quarries) frequently collapse. Frequent large landslides under the sea level in coastal areas.
- e) Trees shake vigorously; branches and thin tree trunks frequently break and fall. Some trees might be uprooted and fall, especially along steep slopes.
- f) Liquefaction and water upsurge are frequent; sand boils up to 3 m in diameter; apparent water fountains in still waters; frequent lateral spreading and settlements (subsidence of more than ca. 30 cm), with fissuring parallel to waterfront areas (river banks, lakes, canals, seashores).
- g) In dry areas, dust clouds commonly rise from the ground.
- h) Small boulders and tree trunks may be thrown in the air and move away from their site for meters, also depending on slope angle and roundness, leaving typical imprints in soft soil.

X Very destructive / Effects on the environment become a leading source of hazard and are critical for intensity assessment

Primary effects become leading.

Surface faulting can extend for few tens of km, with offsets from tens of cm up to a few meters. Gravity grabens and elongated depressions develop; for very shallow focus earthquakes in volcanic areas rupture lengths might be much lower. Tectonic subsidence or uplift of the ground surface with maximum values in the order of few meters may occur.

Secondary effects. The total affected area is in the order of 5000 km².

- a) Many springs significantly change their flow-rate and/or elevation of outcrop. Some springs may run temporarily or even permanently dry. Temporary variations of water level are commonly observed in wells. Even strong variations of chemical-physical properties of water, most commonly temperature, are observed in springs and/or wells. Often water becomes very muddy in even large basins, rivers, wells and springs. Gas emissions, often sulphureous, are observed, and bushes and grass near emission zones may burn.
- b) Meters high waves develop in even big lakes and rivers, which overflow from their beds. In flood plains rivers may change their course, temporary or even permanently, also because of widespread land subsidence. Basins may appear or be emptied. Depending on shape of sea bottom and coastline, tsunamis may reach the shores with runups exceeding 5 m flooding flat areas for thousands of meters inland. Small boulders can be dragged for many meters. Widespread deep erosion is observed along the shores, with noteworthy changes of the coastline profile. Trees nearshore are eradicated and drifted away.
- c) Open ground cracks up to more than 1 m wide and up to hundred metres long are frequent, mainly in loose alluvial deposits and/or saturated soils; in competent rocks opening reach several decimeters. Wide cracks develop in paved (asphalt or stone) roads, as well as pressure undulations.

- d) Large landslides and rock-falls ($> 105 - 106 \text{ m}^3$) are frequent, practically regardless to equilibrium state of the slopes, causing temporary or permanent barrier lakes. River banks, artificial embankments, and sides of excavations typically collapse. Levees and earth dams may even incur serious damage. Frequent large landslides under the sea level in coastal areas.
- e) Trees shake vigorously; many branches and tree trunks break and fall. Some trees might be uprooted and fall.
- f) Liquefaction, with water upsurge and soil compaction, may change the aspect of wide zones; sand volcanoes even more than 6 m in diameter; vertical subsidence even $> 1\text{m}$; large and long fissures due to lateral spreading are common.
- g) In dry areas, dust clouds may rise from the ground.
- h) Boulders (diameter in excess of 2-3 meters) can be thrown in the air and move away from their site for hundreds of meters down even gentle slopes, leaving typical imprints in soil.

XI Devastating / Effects on the environment become decisive for intensity assessment, due to saturation of structural damage

Primary effects are dominant

Surface faulting extends from several tens of km up to more than one hundred km, accompanied by offsets reaching several meters. Gravity graben, elongated depressions and pressure ridges develop. Drainage lines can be seriously offset. Tectonic subsidence or uplift of the ground surface with maximum values in the order of numerous meters may occur.

Secondary effects. The total affected area is in the order of 10.000 km^2 .

- a) Many springs significantly change their flow-rate and/or elevation of outcrop. Many springs may run temporarily or even permanently dry. Temporary or permanent variations of water level are generally observed in wells. Even strong variations of chemical-physical properties of water, most commonly temperature, are observed in springs and/or wells. Often water becomes very muddy in even large basins, rivers, wells and springs. Gas emissions, often sulphureous, are observed, and bushes and grass near emission zones may burn.
- b) Large waves develop in big lakes and rivers, which overflow from their beds. In flood plains rivers can change their course, temporary or even permanently, also because of widespread land subsidence and landsliding. Basins may appear or be emptied. Depending on shape of sea bottom and coastline, tsunamis may reach the shores with runups reaching 15 meters and more devastating flat areas for kilometers inland. Even meter-sized boulders can be dragged for long distances. Widespread deep erosion is observed along the shores, with noteworthy changes of the coastal morphology. Trees nearshore are eradicated and drifted away.
- c) Open ground cracks up to several meters wide are very frequent, mainly in loose alluvial deposits and/or saturated soils. In competent rocks they can reach 1 m. Very wide cracks develop in paved (asphalt or stone) roads, as well as large pressure undulations.
- d) Large landslides and rock-falls ($> 105 - 106 \text{ m}^3$) are frequent, practically regardless to equilibrium state of the slopes, causing many temporary or permanent barrier lakes. River banks, artificial embankments, and sides of excavations typically collapse. Levees and earth dams incur serious damage. Significant landslides can occur at 200 – 300 km distance from the epicenter. Frequent large landslides under the sea level in coastal areas.
- e) Trees shake vigorously; many branches and tree trunks break and fall. Many trees are uprooted and fall.
- f) Liquefaction changes the aspect of extensive zones of lowland, determining vertical subsidence possibly exceeding several meters, numerous large sand volcanoes, and severe lateral spreading features.
- g) In dry areas dust clouds arise from the ground.
- h) Big boulders (diameter of several meters) can be thrown in the air and move away from their site for long distances down even gentle slopes., leaving typical imprints in soil.

XII Completely devastating / Effects in the environment are the only tool for intensity assessment

Primary effects are dominant.

Surface faulting is at least few hundreds of km long, accompanied by offsets reaching several tens of meters. Gravity graben, elongated depressions and pressure ridges develop. Drainage lines can be seriously offset. Landscape and geomorphological changes induced by primary effects can attain extraordinary extent and size (typical examples are the uplift or subsidence of coastlines by several meters, appearance or disappearance from sight of significant landscape elements, rivers changing course, origination of waterfalls, formation or disappearance of lakes).

Secondary effects The total affected area is in the order of 50.000 km^2 and more.

- a) Many springs significantly change their flow-rate and/or elevation of outcrop. Temporary or permanent variations of water level are generally observed in wells. Many springs and wells may run temporarily or even permanently dry. Strong variations of chemical-physical properties of water, most commonly temperature, are observed in springs and/or wells. Water becomes very muddy in even large basins, rivers, wells and springs. Gas emissions, often sulphureous, are observed, and bushes and grass near emission zones may burn.
- b) Giant waves develop in lakes and rivers, which overflow from their beds. In flood plains rivers change their course and even their flow direction, temporary or even permanently, also because of widespread land subsidence and landsliding. Large basins may appear or be emptied. Depending on shape of sea bottom and coastline, tsunamis may reach the shores with runups of several tens of meters devastating flat areas for many kilometers inland. Big boulders can be dragged for long distances. Widespread deep erosion is observed along the shores, with outstanding changes of the coastal morphology. Many trees are eradicated and drifted away. All boats are tore from their moorings and swept away or carried onshore even for long distances. All people outdoor are swept away.
- c) Ground open cracks are very frequent, up to one meter or more wide in the bedrock, up to more than 10 m wide in loose alluvial deposits and/or saturated soils. These may extend up to several kilometers in length.
- d) Large landslides and rock-falls ($> 10^5 - 10^6 \text{ m}^3$) are frequent, practically regardless to equilibrium state of the slopes, causing many temporary or permanent barrier lakes. River banks, artificial embankments, and sides of excavations typically collapse. Levees and earth dams incur serious damage. Significant landslides can occur at more than 200 – 300 km distance from the epicenter. Frequent very large landslides under the sea level in coastal areas
- e) Trees shake vigorously; many branches and tree trunks break and fall. Many trees are uprooted and fall.
- f) Liquefaction occurs over large areas and changes the morphology of extensive flat zones, determining vertical subsidence exceeding several meters, widespread large sand volcanoes, and extensive severe lateral spreading features.
- g) In dry areas dust clouds arise from the ground.
- h) Also very big boulders can be thrown in the air and move for long distances even down very gentle slopes, leaving typical imprints in soil.

La figura di Giuseppe Mercalli come docente del Regio liceo Vittorio Emanuele

Molisso G.

Liceo Ginnasio Vittorio Emanuele II, Napoli

Introduzione

Giuseppe Mercalli è principalmente conosciuto, non solo in Italia ma in tutto il Mondo, come sismologo e vulcanologo, per gli indubbi ed originali contributi scientifici dati in queste due discipline. Meno noto, ma più importante almeno per il tempo che egli vi dedicò, è il contributo di Mercalli alla formazione scolastica di diverse generazioni di studenti. La figura di Mercalli docente è presentata in questo lavoro, attraverso Annuari, documenti e foto rinvenuti nel Liceo e nel Convitto Vittorio Emanuele II.

La figura di Giuseppe Mercalli scienziato è stata ampiamente discussa, a partire dagli elogi funebri di personalità eminenti del mondo accademico.

Il numero enorme delle sue pubblicazioni e contributi scientifici ci fa comprendere l'importanza che quest'uomo ha avuto in campo scientifico, culminata, nel 1911, con l'incarico di Direttore del Reale Osservatorio Vesuviano,

Ma di Mercalli docente di scuola superiore si sa ben poco, a parte che cominciò la sua attività di educatore e didatta a partire dal 1874 nei Seminari di Monza e Milano [Galli, 1915], per proseguire, nell'anno scolastico 1885-6 al Liceo pareggiato Rosmini di Domodossola. In quegli anni fu insegnante del sacerdote Achille Ratti, salito successivamente al soglio pontificio come Pio XI, che fu spinto da Mercalli a compilare il XII capitolo de *"I terremoti storici italiani"*, un catalogo di terremoti a partire dal 1450 a.C. al 1881.

Dall'insegnamento alla collaborazione, per finire in un'amicizia durata tutta una vita.

Vicissitudini di carattere politico gli fecero abbandonare le scuole ecclesiastiche per approdare nel 1888 al R. Liceo di Acireale in Sicilia come professore reggente di storia naturale e poi al R. Liceo Tommaso Campanella di Reggio Calabria, nomina avvenuta in seguito a concorso (D.M. 10 ottobre 1889) come si evince dallo stato di servizio conservato presso l'archivio del Liceo Vittorio Emanuele II di Napoli, istituto a cui pervenne infine nel 1892 con D.M. 05/09/1892. Nel Regio Liceo rimase per ben 19 anni fino alla nomina a Direttore dell'Osservatorio Vesuviano di Napoli con Decreto Reale del 9 febbraio 1911.

L'insegnamento delle Scienze nel Liceo si limitava alle ultime 3 classi, con due ore settimanali per classe. Mercalli adottò per le sue classi i suoi manuali scolastici per i licei e gli istituti tecnici pubblicati nel 1883 da F. Vallardi con 13 edizioni successive, dal 1883 al 1918, di 6000 copie ciascuna [Malladra, 1914; Galli, 1915].

Nella classe di prima liceale era adottato *Elementi di Botanica e Zoologia* parte 2 (ed VIII), nella classe seconda liceale *Elementi di Botanica e Zoologia* parte 1-8, *Elementi di Mineralogia* parte 1 (ed. VI) ed in terza liceale *Elementi di Mineralogia e Geologia* parte 2. A questi aggiunse *l'Atlante del Regno Minerale*, con 42 tavole per la mineralogia, geologia, paleontologia, edito dalla Hoepli [Pucci, 1900].

Malladra accenna alla figura di Mercalli docente nel suo elogio funebre osservando che:

"...i suoi allievi, di cui Napoli è piena, non dimenticheranno la caratteristica figura del loro professore di Scienze Naturali; buono come il pane nelle sue aule scolastiche non sempre tranquille, e, ciò non ostante, agli esami largo come la misericordia di Dio" [Malladra, 1914].

Malladra, a sua volta discepolo di Mercalli, ricorda, sempre nel suo elogio, che:

"...quando, agli albori della sua carriera scientifica, spezzava dalla cattedra il pane del sapere nelle scuole secondarie, io era tra gli studenti che lo ascoltavano e da lui scelto ad aiutarlo..."

Testimonianze della figura di Mercalli docente al Vittorio Emanuele ne troviamo molte e commoventi. Prima fra tutte la pergamena con cui gli allievi lo salutarono quand'egli accettò l'incarico di Direttore, ancora conservata in una bacheca del Museo di Scienze Naturali a lui intitolato presso il nostro Liceo e che riporto interamente:

AL PROFESSORE
GIUSEPPE MERCALLI
CHE DALL'INDAGINE DELLE CONVULSIONI TELLURICHE,
INTENTO A SCRUTARE NELLA SELCE MUTA
DEI SECOLI E DEL MOTO PERENNE
L'ORMA INCANCELLABILE,
ATtinge DEI SAPIENTI ELLENICI
LA CALMA, LA SAGGEZZA, IL SORRISO
E, SOLITARIO FRA LE INFECONDE ONDATE DELLA FOLLA,
ANTICO CAVALIERE DEL VERO ETERNO ED OCCULTO,
ASCOLTA LE COLLERE CIECHE DEI VULCANI
E DELL'IMMENSO IGNEO CUORE DELL'UNIVERSO
L'ASCOSA MELODIA E IL PALPITO ORRENDO,
ATOMO RAGIONANTE LEGISLATORE DI FENOMENI.
I SUOI AUNNI DEL R. LICEO V.E.
OFFRONO RIVERENTI E GRATI
IL GIORNO IN CUI EGLI LASCIA LA CATTEDRA
PER MEDITARE SU LE BALZE DELLA MONTAGNA
IL TENACE E TERRIBILE MISTERO DELLA NATURA.

Napoli, marzo del 1911.

Non occorrono parole di commento di fronte a queste parole commoventi che ci dipingono un uomo schivo, silenzioso eppure sereno.

Da un annuario del Liceo [Ostermann, 1933] di ben 19 anni successivo alla sua morte apprendiamo che ancora colleghi ed ex allievi lo ricordavano “...per il suo indiscusso valore e per la probità del suo carattere e per la grande bontà dell'animo suo.”.

Sempre dallo stesso saggio apprendiamo quanto Mercalli fosse modesto, nonostante fosse assurdo agli allori del successo nazionale ed internazionale con i suoi studi di vulcanologia e sismologia, “...egli non parlava dei suoi lavori e delle sue teorie che quando era strettamente necessario, mentre procurava in tutti i modi di spingere i giovani più intelligenti a seguire gli studi a lui cari, e prodigava senza avarizia, nella scuola e fuori, i tesori della sua scienza”.

Vediamo quindi un docente che consiglia i suoi allievi e ne supporta le inclinazioni.

La passione per lo studio lo portarono a curare il gabinetto di Scienze Naturali, arricchendolo dei reperti che raccoglieva egli stesso alle pendici del Vesuvio, dalle isole Eolie e da altri luoghi da lui visitati, implementando l'inventario già esistente ed, a detta sua in una dichiarazione del 1898, assai incompleto, non riportando né note di acquisto né elenchi di raccolte speciali.

Queste raccolte erano disordinate e sistemate alla rinfusa negli scaffali. Per quattro anni, ovvero dal 1894 al 1898, Mercalli riordinò, inventariò e classificò tutto il materiale che ora è raccolto nel museo a lui intitolato; ancora si possono leggere negli scaffali le etichette scritte a mano da lui.

La figura di Mercalli docente emerge inoltre da una cronaca del 1899 [Ruina, 1900].

Il prof. Ruina redasse delle Cronache di tutte le gite ed escursioni effettuate nel Liceo negli anni dal 1895 al 1899, tra queste ne risultano due in particolare, una al Vesuvio, tenutasi il 9 gennaio 1896 ed una ai Campi Flegrei, tenutasi il 9 giugno 1898.

Queste cronache sono uno spaccato di vita quotidiana di ormai due secoli fa. Ruina cita:

“...nelle escursioni al Vesuvio il Mercalli, da quel dotto vulcanologo che è, era sempre coi giovani a fornire loro minute spiegazioni intorno ai fenomeni più importanti...”, le gite del Liceo erano meritevoli di menzione nei quotidiani dell'epoca, leggiamo infatti dal Corriere di Napoli del giorno seguente: *“Ieri mattina un drappello di simpatici giovani, in costume semisportivo, fu visto avviarsi verso Portici. Erano gli allievi del R. Liceo Vittorio Emanuele II, diretti al Vesuvio, accompagnati dal preside-rettore Enrico Pucci, dai professori Mercalli... fu agevole poter esaminare diligentemente, sotto la valida guida degli egregi naturalisti Mercalli e Villone, tutte le modificazioni avvenute in seguito alla recente eruzione.”* (Fig. 1).



Figura 1. Gita al Vesuvio, al centro Giuseppe Mercalli tra i suoi studenti.

La gita ai Campi Flegrei (Figure 2 e 3) fu organizzata in maniera più organica per curare il doppio aspetto storico e naturalistico facendo intervenire il prof. Sogliano, valido archeologo, ed il nostro Mercalli.

Dalla cronaca apprendiamo che alle 6 del mattino la comitiva uscì dall'edificio di Piazza Dante e si avviò alla stazione della Cumana, la cui Direzione fu allertata della visita ed impartì “...*tutti gli ordini opportuni perche il servizio fosse inappuntabile*”.

La comitiva scese alla stazione di Lucrino, visitò l'antro della Sibilla e salì sul Monte Nuovo, qui Mercalli fece una lezione sulla nascita del Monte: “...*spiegò abilmente il fenomeno principale ed i fatti con questo connessi, ascoltato con religioso silenzio.*”

La gita proseguì a Pozzuoli al tempio di Serapide dove Mercalli spiegò l'importanza geologica dell'edificio, mostrando come le tre colonne rimaste in piedi fossero perforate da cunicoli scavati dal *lithodomus lithofagus*, un mollusco marino, proseguendo con la spiegazione delle cause che portarono la spiaggia a subire un abbassamento da 6 a 7 metri seguito da un innalzamento che portò il tempio nuovamente sopra il livello del mare. Mercalli raccontò inoltre che la realtà di questi movimenti è confermata dall'esame dei ruderi del tempio delle Ninfe, del ponte di Caligola e di altri monumenti di epoca romana presso Baia. Anche quando la comitiva scese verso il cratere della Solfatara Mercalli proseguì con le sue spiegazioni sulla caldera, dopo aver affermato come Solfatara non fosse un vulcano estinto in quanto ancora nel 1198 ebbe una eruzione che danneggiò i paesi circostanti ed i potenti getti di vapore acqueo misto ad acido solfidrico ed acido carbonico che fuoriuscivano da molti punti delle pareti della caldera fossero ad altissima temperatura.

Il professore passò poi a mostrare i cristalli di zolfo ed i cristallini rossi di rubino di arsenico, facendo notare come l'azione delle fumarole e dei gas che le compongono avessero decomposto le rocce trachitiche della Solfatara, riducendole ad un impasto terroso di allumite e di sostanze analoghe al caolino, di colore bianco che dà alle alture circostanti il caratteristico aspetto per cui Plinio le chiamò *colli leucogei*.

Sembra quasi di assistere alle lezioni di storia naturale di Mercalli, dotte ed interessanti.

La gita si concluse in maniera umoristica con un'ode di un allievo, tale signor Stealy, dedicata ad un professore che non era potuto intervenire.

Si percepisce l'atmosfera gioiosa di queste gite, che traspare anche dalle immagini di repertorio, in una delle quali il prof. Mercalli è praticamente sommerso dai suoi allievi. Giuseppe Mercalli fu, tra l'altro, docente di Scienze di Giuseppe Moscati, santo nel 1987. Figura la firma di Mercalli nella pagella di San Giuseppe Moscati con un ricco 9 in Scienze l'anno in cui si diplomò, l'a.s.1896-7.

Si dipinge quindi un quadro di un uomo semplice, probo, entusiasta, curioso, altruista, un grande didatta, un grande scienziato.



Figure 2 e 3. Gli allievi del Vittorio Emanuele II in gita alla Solfatara.

Bibliografia

- Galli, I., (1915). *Il professore G. Mercalli. Elogio e Bibliografia*, Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei, Vol. 1, pp. 40-80.
- Malladra, A., (1914). *L'attività scientifica di Giuseppe Mercalli*, Rassegna Nazionale, Firenze.
- Baratta, M., (1915). *L'opera scientifica di Giuseppe Mercalli*, Boll. Soc. Geol. Ital., vol XXXIV pp 342-419.
- Pucci, E., (1900). *Il Reale liceo-ginnasio Vittorio Emanuele e Il Convitto Nazionale annesso all'esposizione universale di Parigi del 1900. Relazione a S.E. i Ministro della Pubblica Istruzione*, Napoli, Lanciano e Pinto, 1900.
- Ruina, A., (1985). *Gite ed escursioni degli alunni del R. Liceo-Convitto "Vittorio Emanuele" in Napoli 1895-99*, Napoli, Stab. Tipografico Lanciano e Pinto, Cortile S. Sebastiano, 51, 1900.
- Ostermann, G., (1933). *Un illustre Maestro del Liceo V. Emanuele*, Annuario 1932-33-XI, Napoli, Morano, 1933.

Giuseppe Mercalli professore di Scienze Naturali all'Istituto Suor Orsola Benincasa

Casapullo R.¹ (RC), Uzzo T.² (TU), Di Vito M.A.² (DV)

¹Università degli Studi "Suor Orsola Benincasa"

²Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

Introduzione

Nel 1891 Adelaide del Balzo Pignatelli, principessa di Strongoli, giunse nell'ex convento fondato alla fine del XVI sec. da suor Orsola Benincasa [De Martino, 1995; Trama, 2000], in qualità d'ispettrice onoraria, e nel 1901 ne divenne l'amministratrice unica, con l'incarico di riorganizzare l'insegnamento femminile. Tra le diverse innovazioni che videro all'opera l'impegno pedagogico della principessa, ci fu sicuramente quello di iniziare le donne alla cultura scientifica. Tale progetto educativo diventò realtà grazie anche alla collaborazione, nel 1892, di Giuseppe Mercalli che accettò la proposta della principessa di insegnare Scienze Naturali alle scuole superiori e Fisica al Magistero.

La scoperta di un antico carteggio, posseduto al Suor Orsola Benincasa, testimonia sia l'amicizia tra la principessa e Mercalli, sia tutte le curiosità scientifiche della nobildonna napoletana che Mercalli cercava di soddisfare con la puntualità e lo scrupolo che sempre lo hanno contraddistinto, tanto da inviare alla principessa libri e disegni di sezioni geologiche.

1. Mercalli e la sua corrispondenza "scientifica" con la Principessa del Balzo (RC)

Giuseppe Mercalli fu chiamato al Suor Orsola, dove insegnò dal 1892 al 1900¹, personalmente dalla principessa di Strongoli. La principessa, colta e versatile, attribuiva una grande importanza alla formazione scientifica delle allieve ed essa stessa era un'appassionata dilettante di geologia². Entro questo disegno educativo si colloca l'insegnamento di Mercalli al Suor Orsola. L'amicizia fra la principessa del Balzo e Mercalli, però, data ad alcuni anni addietro, per l'esattezza al 1885, come attesta un piccolo gruppo di lettere conservate nell'Archivio del Suor Orsola³.

La lettera più antica, del 20 dicembre 1885 (Fig. 1), risale con ogni probabilità a una data di poco successiva al loro primo incontro. Si tratta della prima di quattro lettere aventi come tema la genesi dei vulcani laziali (Monza, 8/1/1885; Viterbo, 23/10/85; Milano, 4/11/85; Monza, 20/12/85). L'incipit della missiva fa pensare a una conversazione interrotta e poi ripresa in forma epistolare⁴:

"Monza 8 Gennaio 85

Gentilissima Signora Principessa,

Eccomi alla differenza che / passa tra i basalti e le trachiti. / Tanto i basalti come le trachiti sono / rocce eruttate da vulcani recenti, attivi, / o spenti da poco tempo."

¹ Mercalli insegnò Scienze naturali alle scuole superiori del Suor Orsola dal 1892 al 1898 e Fisica al Magistero dal 1895 al 1900 [De Martino, 1995: 209]. La prima traccia dell'insegnamento si trova in una lettera spedita da Napoli l'11 dicembre 1892; al mese di gennaio 1893 risale, invece, la prima firma in un libro contabile. Negli «Elenchi del personale insegnante del Corso di Magistero» dell'a.a. 1901-1902 Mercalli risulta per l'ultima volta come professore di Fisica. Il documento più recente riguardante lo studioso data al 1914, anno della sua morte, ed è la ricevuta per una sottoscrizione a favore di un busto commemorativo.

² Testimoniano il suo interesse per le scienze la strumentazione e una cospicua raccolta di reperti litici conservati al Museo del Suor Orsola [Zappa Claudio et al., 2001].

³ Si tratta di 20 lettere, più due foglietti con una bibliografia e uno schizzo a matita autografo di cui si dirà oltre (in tutto 23 carte). I documenti relativi a Mercalli conservati presso il Suor Orsola comprendono, inoltre, un curriculum dello studioso, pure autografo, una lettera di tipo amministrativo e varie firme nei registri degli insegnanti e nei libri contabili.

⁴ Qui e altrove: il sottolineato è nell'originale; le barre verticali semplici contrassegnano gli accapo, quelle doppie segnalano il cambio di pagina; le abbreviazioni, peraltro di facile comprensione, non sono sciolte; il grassetto è utilizzato da chi scrive; occasionali commenti alle lettere sono racchiusi fra parentesi tonde.

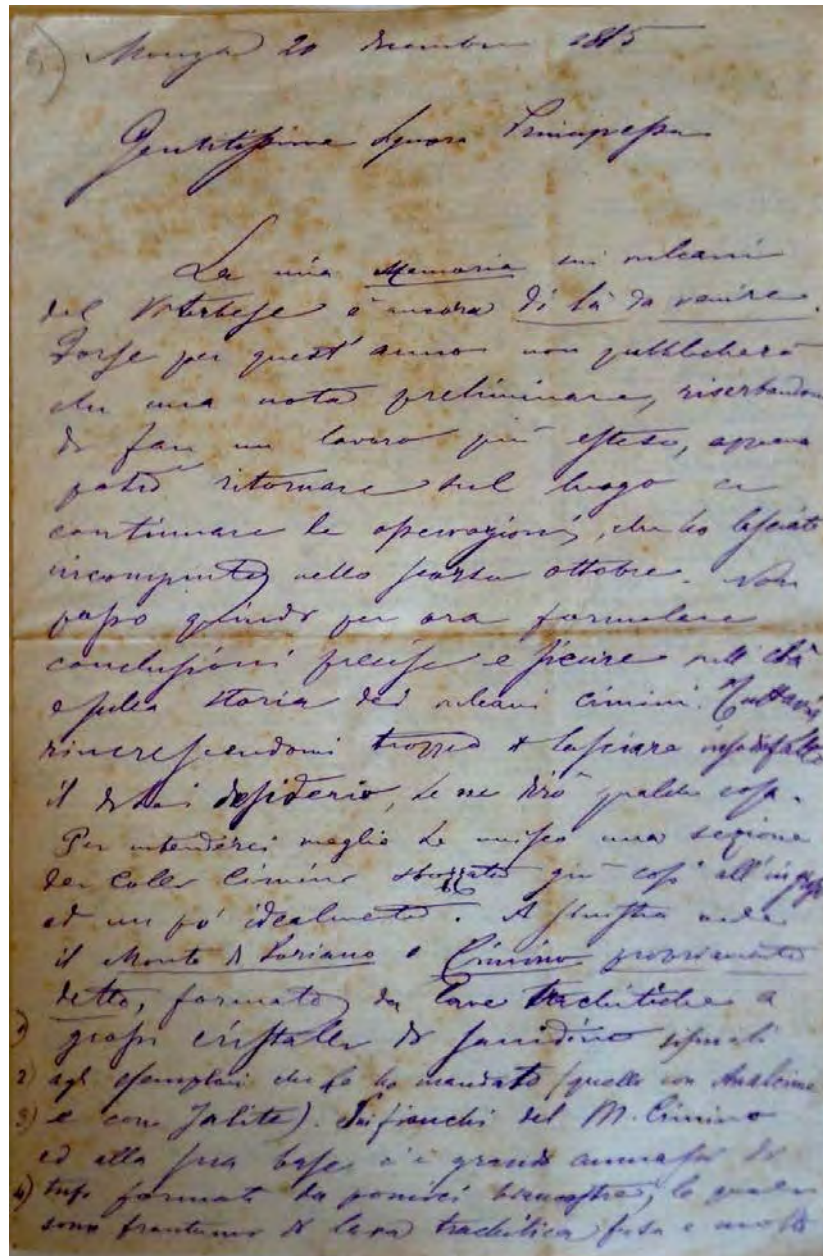


Figura 1. Lettera di Mercalli del 20 dicembre 1885 alla Principessa di Strongoli [Archivio Suor Orsola Benincasa].

Alla quarta lettera è acclusa una sezione geologica dei monti Cimini (Fig. 2), che accompagna le dettagliate spiegazioni dello studioso:

“Gentilissima Signora Principessa,

La mia Memoria sui vulcani / del Viterbese è ancora di là da venire. /

Forse per quest’anno non pubblicherò / che una nota preliminare, riserbandomi / di fare un lavoro più esteso, appena / potrò ritornare sul luogo a / continuare le operazioni, che ho lasciato / incompiute nello scorso ottobre. Non / posso quindi per ora formulare / conclusioni precise e sicure sull’età / e sulla storia dei vulcani Cimini. Tuttavia / rincredendomi troppo di lasciare insoddisfatto / il di Lei desiderio, Le ne dirò qualche cosa. /

Per intenderci meglio Le unisco una sezione / dei Colli Cimini sbozzata giù così all’ingrosso / ed un po’ idealmente. A sinistra vede / il Monte di Soriano o Cimino propriamente / detto,

formato da lave trachitiche a / 1) grossi cristalli di sanidino simili / 2) agli esemplari che Le ho mandato (quello con Analcime / 3) e con Jalite). Sui fianchi del M. Cimino / ed alla sua base c'è grande ammasso di / 4) tufo formato da pomici biancastre, le quali / sono frantumi di lava trachitica fusa e molto // porosa, e rappresentano i lapilli e scorie / eruttate colle lave trachitiche. f"

Lo scambio epistolare fra Mercalli e la principessa continuò negli anni con lettere e biglietti che talvolta alludono a eventi privati (le condizioni di salute di Mercalli, la morte del suo maestro Antonio Stoppani nel 1891, per esempio) ma più spesso affrontano temi di interesse geologico, come i terremoti che in quegli anni devastarono alcune regioni italiane (si fa cenno al terremoto di Diano Marina in Liguria, del 23/2/1887 e al terremoto di Ponza del 1892). Di tanto in tanto lo studioso menziona campioni di rocce spedite o da spedire, oppure allude a libri richiesti dalla principessa e da lui procurati (come nella lettera del 31/7/1889 su carta intestata del Museo Civico di Storia naturale di Milano, diretto dallo Stoppani).

La prima lettera in cui si menziona l'insegnamento al Suor Orsola risale all'11/12/1892. Ora, atteso che Mercalli giunse a Napoli nel novembre di quell'anno, prendendo servizio come professore di ruolo di Scienze naturali al liceo Vittorio Emanuele, si può affermare che il suo insegnamento al Suor Orsola sia cominciato contemporaneamente al suo insediamento presso il regio liceo napoletano:

"Napoli 11 dicembre 1892

Ill.^{ma} Signora Principessa

Solo ieri ho ricevuto dalla / Signora Direttrice la gentilissima / sua del 28 u.s. Anzitutto / La ringrazio dell'interessamento / che si prende per la mia / salute, la quale ora è / buonissima, non ostante / questo tempaccio veramente / indegno del bel cielo di Napoli. / Voglio sperare che costì abbia / avuto un tempo migliore e / che abbia giovato alla Sua / preziosa salute ed a quella / del Suo Signor marito. /

Delle mie alunne dell'Istituto di Suor Orsola sarebbe per me / troppo presto volerne dare / un giudizio. Certamente in quelle testoline dell'insegnamento passato poco c'è rimasto. Però il poco è sempre meglio del nulla, e sarà una buona disposizione per prepararle ad apprendere meglio ciò ch'io andrò loro insegnando."

Nelle lettere successive occorre più di una volta, fra gli argomenti affrontati, la questione didattica⁵. Rispondendo a proposito dei componimenti di Scienze da far fare alle studentesse, per esempio, lo studioso si esprime in questi termini:

"Napoli 3 febb. 1893

[...] Il di Lei pensiero di dare alle / ragazze qualche composizione, / in cui abbiano occasione / di esporre e applicare le / cognizioni di scienze naturali, / è opportunissimo, ed io ben / volentieri mi presterò per la / buona riuscita del suo progetto. /

In fine a questa mia troverà / alcuni degli argomenti trattati // nelle passate lezioni e in seguito Le ne manderò altri" (la terza e la quarta facciata della lettera, oltre che un foglio accluso, sono occupati, appunto, da un fitto elenco di argomenti di fisica).

Non ci sono giunte lettere degli anni intercorrenti fra il 1894 e il 1911. Nel frattempo Mercalli aveva lasciato l'insegnamento al Suor Orsola, dove gli era subentrato Francesco Bassani, altro milanese, sia pure d'adozione (era nato a Thiene, nel vicentino, nel 1843) e collaboratore di Stoppani. Più tardi, dal 1918, per quanto risulta dai documenti presi in visione, e dunque dopo la morte sia di Mercalli che di Bassani, i corsi di Scienze naturali alle scuole del Suor Orsola e le lezioni di Fisica al Magistero furono affidati ad Alessandro Malladra, allievo di Mercalli e, in seguito, come lui direttore dell'Osservatorio vesuviano. Una traccia di questo ideale passaggio di consegne è nell'ultimo biglietto di Mercalli alla Principessa di Strongoli, recante l'intestazione dell'Osservatorio e datato al 28/12/12:

⁵ In particolare, si ricava dalle lettere di Mercalli che per migliorare l'apprendimento delle allieve la Principessa aveva suggerito di condurre alcune lezioni all'aperto, proposta alla quale Mercalli obietta la necessità di cominciare con lezioni preliminari di chimica e fisica, senza le quali le cognizioni di geologia, in special modo direttamente applicata all'esame di rocce e minerali, sarebbero rimaste del tutto irrelate e inintelligibili.

Su cartoncino intestato «Il Direttore | del R. Osservatorio Vesuviano»; Vesuvio (Resina)

“Ill.^{ma} Signora Principessa, |

Grazie infinite per le cortesi Buone | Feste, che ricambio di tutto cuore. |

Ad multos annos, felici per Lei | e per il Suo Istituto, che è come | un suo figlio adottivo; ed è
ben | fortunato! **Il prof. Malladra oggi deve andare a Ischia; ritornerà lunedì; | e martedì, 31
corr., all'ora da Lei indicata, verrà a Suor Orsola.** Da parte | mia, anticipo tanti
ringraziamenti per | Lei e per la gentilissima || Signora Direttrice, cui prego | ricordarmi in
ossequio.

Di nuovo, auguri rispettosi | e saluti distinti dal sempre Suo
dev.^{mo}

G. Mercalli”

La corrispondenza più tarda data, dunque, al 1912 (Fig. 2). Risale a quest'anno, e sempre al dicembre (10/12/1912), un biglietto col quale lo studioso dà appuntamento alla principessa per un'escursione geologica sul Vesuvio:

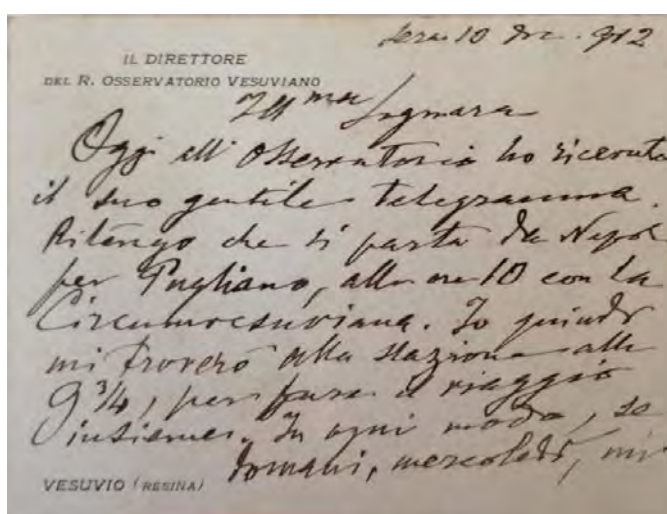


Figura 2. Biglietto di invito, su carta intestata del Reale Osservatorio Vesuviano, indirizzato alla Principessa di Strongoli nel 1912 [Archivio Suor Orsola Benincasa].

Su cartoncino intestato «Il Direttore | del R. Osservatorio Vesuviano»; Vesuvio (Resina)

“19. Sera 10 dic. 912

Ill.^{ma} Signora

Oggi all'Osservatorio ho ricevuto | il suo gentile telegramma. | Ritengo che si parta da Napoli |
per Pugliano, alle ore 10 con la | Circumvesuviana. Io quindi | mi troverò alla stazione alle | 9
³/₄, per fare il viaggio | insieme. In ogni modo, se | domani, mercoledì, mi || sarà possibile, verrò
a casa | sua tra le 10 ¹/₂ e le 11. Se mai | Ella a quell'ora non fosse in | casa, voglia favorire di |
lasciarmi un biglietto, per | precisare l'ora della partenza. |

Nella speranza, che il | tempo ci favorisca, aggradisca | gli ossequi e i saluti distinti |
del suo

dev.^{mo}

G. Mercalli”

2. I Monti Cimini nella visione di Mercalli (TU-DV)

La geologia dei monti Cimini fu oggetto di numerosi studi eseguiti con approcci e metodologie diverse [Procaccini-Ricci, 1814; vom Rath, 1866; Verri, 1880 (Fig. 3); Bucca, 1888; Struever, 1855]. È il caso di ricordare che all'epoca degli studi di Mercalli non erano assolutamente noti alcuni meccanismi di eruzione e deposizione che avrebbero facilitato la comprensione dei processi che avevano portato alla formazione dei Monti Cimini. Mancava, ad esempio, completamente il concetto di deposizione per flusso piroclastico. In generale depositi massivi a grana fine con pomici, scorie e inclusi litici erano spesso interpretati come depositi tufacei risedimentati. Mancava il concetto di “caldera”, ma, anche se a noi può sembrare banale, vi era dibattito sui meccanismi di accrescimento dei vulcani. Infatti, proprio su quest'ultimo punto vi fu un forte contraddittorio tra Mercalli e il direttore dell'Osservatorio Vesuviano Vittorio Matteucci sulla dinamica di accrescimento delle due cupole laviche del Vesuvio in formazione tra il 1891 ed il 1899 (Colle Margherita e Colle Umberto).

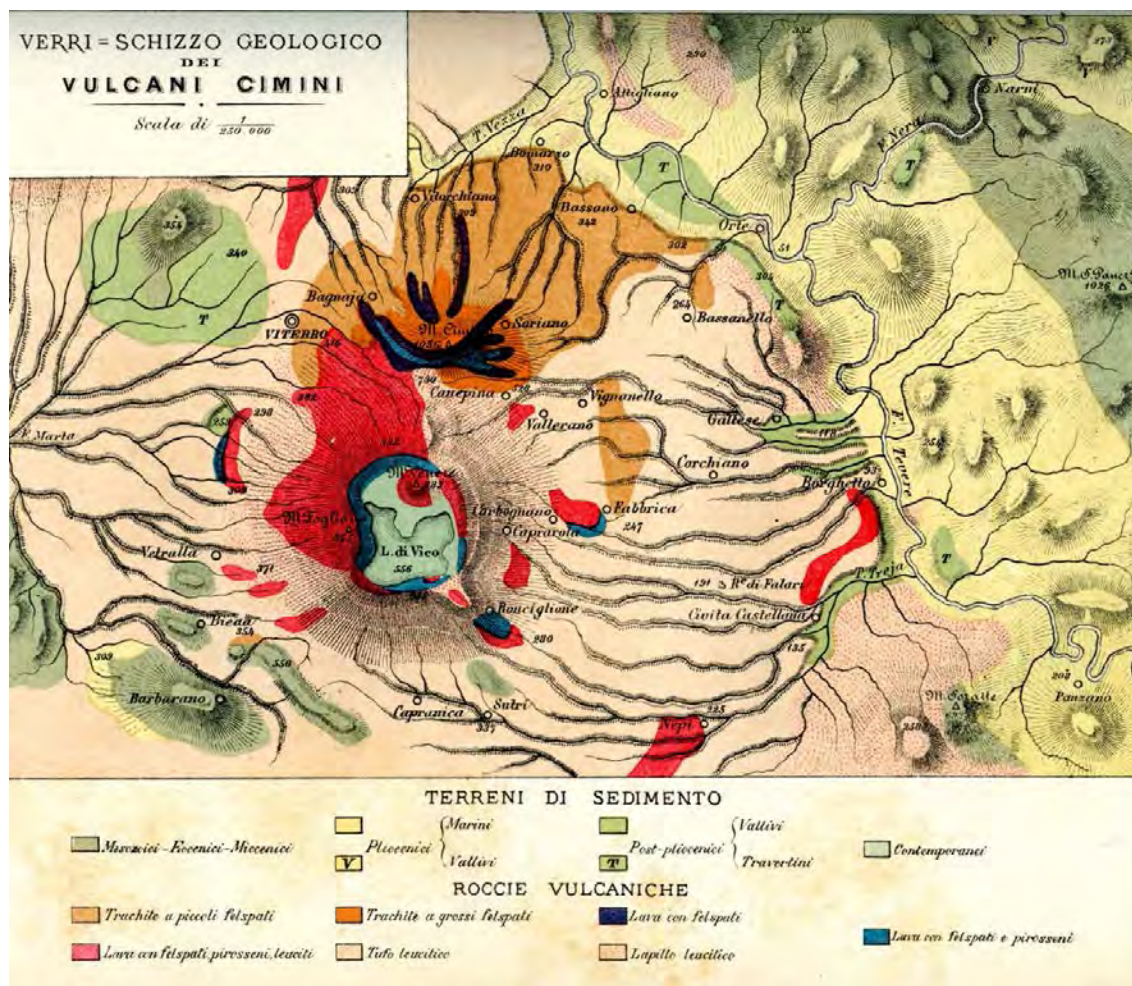


Figura 3. Mappa geologica dei Monti Cimini prodotta da Verri [1880]. La mappa evidenzia l'approccio descrittivo dell'autore che gli consente di suddividere le unità in accordo con le loro caratteristiche mineralogiche [Verri, 1880].

Dall'analisi dei suoi scritti si rileva che Mercalli aveva oramai acquisito una grandissima competenza negli studi vulcanologici, che derivava sia dall'aver visitato molti vulcani italiani e stranieri, ma soprattutto dall'aver letto tutto quello che era lo stato dell'arte sulla loro attività. È sorprendente notare la similitudine che evidenzia tra il Tufo Piperino (peperino tufaceo stratificato auct.) e i depositi del M. Pelé, in Martinica, o tra il Monte Venere, nel lago di Vico, e i duomi di Colle Umberto e Colle Margherita. Senza entrare in ulteriori dettagli, l'analisi dei suoi scritti [Mercalli, 1888, Mercalli, 1890 e Mercalli, 1903] e della sezione

geologica dei Colli Cimini (Fig. 4) che lui invia alla Principessa, descrivendola come “*sbozzata giù così all'ingrosso / ed un po' idealmente*”, contiene e sintetizza quello che lui aveva ben capito della struttura ed evoluzione dell'area. Infatti analizzando la sezione si evince che:

- Il vulcanismo del Monte Soriano (Cimino) e del Lago di Vico è successivo ai depositi Pliocenici marini affioranti a Nord e a Sud. Ne analizza l'associazione fossile, ne definisce l'età e ne desume l'età del vulcanismo.
- Il vulcanismo più antico è quello del Monte Cimino, al quale segue quello del Lago di Vico e poi quello di M. Venere.
- Tutti questi vulcani sono stati caratterizzati da una sequenza complessa di attività esplosiva ed effusiva, e che l'accumulo dei depositi ha determinato il progressivo accrescimento e sovrapposizione dei centri eruttivi.
- La correlazione tra i prodotti è basata su litologia e caratteri sedimentologici e petrologici dei depositi, ma soprattutto stratigrafici.

Le ricostruzioni e le conclusioni dei lavori di Mercalli sull'attività dei Monti Cimini, opportunamente storicizzate ed inquadrare nelle conoscenze dell'epoca sul vulcanismo e sui prodotti dell'attività vulcanica, restano in gran parte valide. Dai suoi scritti emerge anche la sua vocazione alla classificazione dei fenomeni ed alla divulgazione delle conoscenze scientifiche a cui Mercalli dedica notevoli sforzi. È da rimarcare che Mercalli è tra i primi docenti di Scienze Naturali che si rivolge a un pubblico femminile, fatto assolutamente innovativo per le consuetudini didattiche dell'epoca.

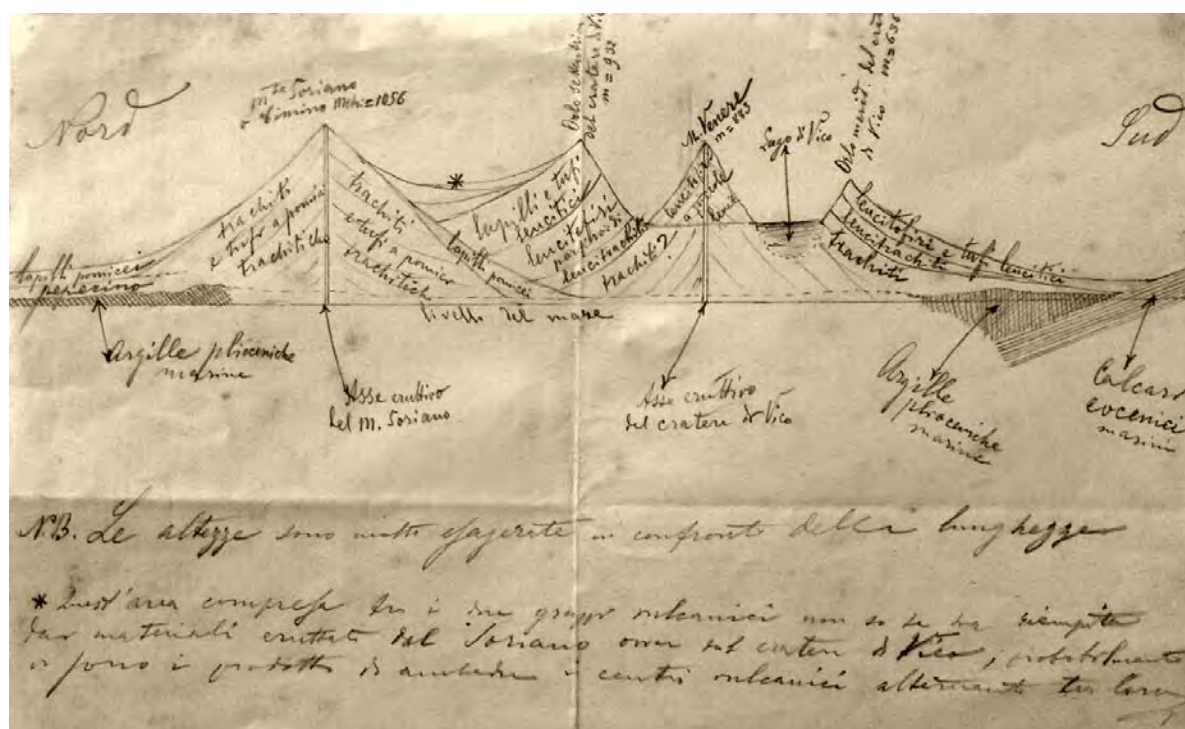


Figura 4. Sezione geologica dei Monti Cimini disegnata da G. Mercalli e annessa alla lettera per la Principessa di Strongoli. Dall'analisi della sezione e dal confronto con la mappa precedente si intuisce l'approccio di Mercalli che anche se in una bozza, evidenzia i rapporti tra gli edifici vulcanici, le aree di alimentazione, la correlazione tra i depositi in aree diverse e la struttura dei singoli edifici vulcanici [Archivio Suor Orsola Benincasa].

3. Analisi dei testi e conclusioni (RC)

Per chi sia abituato a comunicare con la posta elettronica e con tutte le forme di messaggeria veloce che oggi costituiscono la modalità normale della comunicazione scritta a distanza, è difficile immaginare a quante situazioni comunicative abbia assolto e quanti diversi generi testuali abbia rivestito la vecchia lettera

cartacea. Ciò, del resto, si vede in piccolo nella corrispondenza di Mercalli con la principessa di Strongoli, che trascorre dalla lunga missiva finemente didattica ed esplicativa alla breve lettera di circostanza, fino al biglietto da visita scritto fitto fitto e velocemente, mandato, come un SMS, per prendere un appuntamento in tempo reale.

La lettera ha una lunga tradizione testuale, peraltro, entro gli scritti di tipo scientifico, ed è quasi un genere fondante [Altieri Biagi, 1984]. Non è quindi senza significato che Mercalli affidi a lettere piuttosto lunghe, sia pure di genere divulgativo, le sue riflessioni sulla geologia vulcanica sollecitate dalle curiosità non occasionali della sua colta interlocutrice.

Mercalli era uno scrivente dominato da una sorta di *horror vacui*: i sottili fogli di carta, i cartoncini, i biglietti da visita presentano spazi bianchi angusti, non di rado occupati da note marginali aggiunte successivamente alla prima, e unica, stesura. Mercalli, infatti, scrive le sue lettere senza fare minute, anche se difficilmente i suoi scritti recano tracce di cancellature o ripensamenti. In una delle lettere chiede scusa espressamente per quelli che chiama «i suoi scarabocchi», dovuti appunto all'abitudine di non ricopiare in bella:

“Perdoni se per / mancanza di tempo, non posso ricopiare / questi scarabocchi” (20/12/85).

La sua scrittura, inoltre, non è in genere né posata né calligrafica. Nel corso degli anni, anzi, il suo tratto diviene ancor più frettoloso e le lettere si dissolvono spesso le une nelle altre; negli ultimi biglietti gli «scarabocchi» son diventati fregghi nervosi e frettolosi; insomma, la calligrafia di un uomo cui il tempo mancava, o che forse aveva troppe cose da fare per il poco tempo a sua disposizione.

Le lettere-lezioni, come possono a buon diritto essere chiamate le missive a tema viterbese, richiamano molto da vicino lo stile e gli accorgimenti didattici dei suoi manuali. Si pensi, per esempio, agli *Elementi di mineralogia e di geologia* che sono stati ristampati nel 2014 a cura dell'Osservatorio Vesuviano [Mercalli, 1884]. L'uso delle sottolineature, che, come è noto, stanno, convenzionalmente, per il corsivo dei testi a stampa, richiama l'attenzione sulla prima menzione di un termine scientifico, di cui subito dopo viene data la definizione o la descrizione. Ma compare anche un'altra tipica strategia didattica, il tipo domanda-risposta, che, pragmaticamente motivato, giunge allo studioso da un'antica tradizione, quella medievale delle enciclopedie e della scolastica [Casapullo, 1999], per giungere fino alla minuta manualistica contemporanea, e che si ritrova, per esempio, nel *Bel paese* del suo maestro Stoppani [Redondi, 2012].

Se la formularità di Mercalli può risultare un po' greve all'occhio e all'orecchio di chi è abituato alla spesso eccessiva mancanza di ritualità della comunicazione epistolare odierna («Illustrissima Signora Principessa... Aggradisca intanto i distinti ed affettuosi saluti...»), resta il fatto che, al di fuori delle frasi e dei saluti di rito, che si ripetono praticamente immutati negli anni, l'italiano di Mercalli non è né ampolloso né professorale. Nelle lettere più lunghe i periodi si snodano veloci, articolati solitamente lungo una, al massimo due frasi. L'ordine delle parole varia in relazione alla funzione comunicativa: la successione normale, soggetto, verbo e complemento, prevale nelle spiegazioni informativamente più dense, fondate su liste di tecnicismi nominali. Laddove, però, sia richiesto un periodare più mosso e parlato, ecco che compaiono costrutti tipici di uno stile colloquiale e disinvolto: «Ma le trachiti contengono...» (8/1/85), con un tipico *ma* ad inizio di frase [Sabatini 1997; 2007]; e ancora: «Delle mie alunne dell'Istituto di Suor Orsola sarebbe per me troppo presto volerne dare un giudizio», con una tematizzazione del complemento e una ripresa pronominale («Delle mie alunne... volerne dare un giudizio»). Solo qualche volta lo studioso si lascia andare a considerazioni vagamente divertite, come quando accenna a «questo tempaccio veramente indegno del bel cielo di Napoli» (11/12/92). La sotterranea costante, dagli anni giovanili fino a quelli della maturità, è, infine, una scrittura epistolare che conserva il carattere di una lucida e composta razionalità.

Bibliografia

- Altieri Biagi, M.L., (1984). *Forme della comunicazione scientifica*, M.L. Altieri Biagi, *Fra lingua scientifica e lingua letteraria*, Istituti Editoriali e Poligrafici Internazionali, Pisa – Roma – Venezia – Vienna, pp. 21-73.
- Bucca, L., (1888). *Contribuzione allo studio petrografico dei vulcani viterbesi*. Bull. del Com. Geol., N. 1-2.
- Casapullo, R., (1999). *Il Medioevo*, Il Mulino, Bologna.
- De Martino, G. (ed.), (1995). *L'Istituto Suor Orsola Benincasa. Un secolo di cultura a Napoli, 1895-1995*, Fausto Fiorentino, Napoli.

- Mercalli, G., (1884). *Elementi di Mineralogia e di Geologia*, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Osservatorio Vesuviano (ristampa anastatica del 2014), Edizioni Scientifiche e Artistiche, Torre del Greco (Na).
- Mercalli, G., (1888). *L'isola Vulcano e lo Stromboli dal 1886 al 1888*. Atti della Soc. It. di Sc. Nat..
- Mercalli, G., (1890). *Osservazioni petrografico-geologiche sui Vulcani Cimini*. Rendiconti del R. Istit. Lomb. di Scienze e Lettere, Serie 2, Vol. XXIII, fascicolo 20, pp.11 in 8°.
- Mercalli, G., (1903). *Contribuzione allo studio geologico dei vulcani viterbesi*, nelle Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei, Volume Ventesimo, Roma, pag. 302-334 (in 4°gr.).
- Procaccini Ricci, V., (1814). *Viaggi ai vulcani spenti d'Italia nello Stato Romano*, Firenze.
- Redondi, P., (ed.), (2012). *Un best-seller per l'Italia unita: Il bel Paese di Antonio Stoppani; con documenti annessi*, Guerini e Associati, Milano.
- Sabatini, F., (1997). *Pause e congiunzioni nel testo. Quel "ma" all'inizio di frase...*, in *Norma e lingua in Italia*, Istituto Lombardo di Scienze e lettere, Milano, pp. 113-146.
- Sabatini, F., (2007). *Lettera sul "ritorno alla grammatica". Obiettivi, contenuti, metodi e mezzi*, settembre 2007, (<http://www.unige.ch/lettres/roman/italien/Articles/SabatiniLetterasullagrammatica2007.pdf>).
- Struever, G., (1855). *Contributo alla Mineralogia dei vulcani Sabatini*, in Atti della R. Acc. dei Lincei.
- Trama. L., (2000). *Un'Opera Pia nell'Italia unita. Il "Suor Orsola Benincasa dall'Unità alla nascita del Magistero*, Editoriale Scientifica, Napoli.
- Verri, A., (1880). *I vulcani Cimini*, in *Atti della R. Accad. de' Lincei*.
- vom Rath, G. (1866). *Mineralogisch.-geognostische Fragmente aus Italien*, in *Zeitschrift der d. Geologischen Gesellschaft*, Berlin.
- Zappa Claudio, P., Calabrese, M.R. e A.F. Iaccarino (edd.), (2001). *Prima della plastica. Antichi strumenti di fisica dell'Istituto Suor Orsola Benincasa*, Sellino, Pratola Serra.

Giuseppe Mercalli e l'Osservatorio Vesuviano: la direzione dal 1911 al 1914

Russo M., De Lucia M., Milano G., Ricciardi G.P.

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

1. La Nomina

L'interesse di Giuseppe Mercalli per la vulcanologia lo portò a visitare tutte le aree vulcaniche italiane. Le numerose escursioni che effettuò gli furono indispensabili per definire le diversità tra i vari vulcani italiani e lo portarono a formulare una classificazione delle eruzioni sulla base delle modalità eruttive. Ma è stato sempre il Vesuvio, più volte visitato, a interessarlo maggiormente. E proprio il tenace interesse per la storia e l'attività di questo vulcano fu il motivo principale che lo spinse, nel 1892, allora Professore Reggente di Storia naturale al Liceo Tommaso Campanella di Reggio Calabria, a chiedere il trasferimento al Liceo Vittorio Emanuele II di Napoli. Fin dal suo arrivo a Napoli Mercalli, che oltre ad insegnare al Liceo teneva anche corsi di vulcanologia e sismologia presso l'Università di Napoli, cominciò a seguire direttamente l'attività del Vesuvio con periodiche escursioni sul cratere, a sue spese, e a pubblicare i suoi appunti sul Bollettino della Società Sismologica Italiana. Nel 1902 l'allora Ministro della Pubblica Istruzione, Nunzio Nasi, bandì il concorso per la direzione dell'Osservatorio Vesuviano. Mercalli vi partecipò, ma il vincitore designato fu Raffaele Vittorio Matteucci, allora Coadiutore presso il Museo dell'Istituto Geologico dell'Università di Napoli. Nonostante la delusione per l'esito del concorso, Mercalli continuò ad interessarsi del Vesuvio e nel 1911 divenne Direttore dell'Osservatorio Vesuviano, affidato allora al professor Ciro Chistoni, dopo la morte del Matteucci avvenuta nel 1909. Giuseppe Mercalli fu nominato direttore dell'Osservatorio con Decreto Reale del 9 febbraio 1911, con comunicazione del Ministero dell'Istruzione Prot. 2368-2245 (Fig. 1).

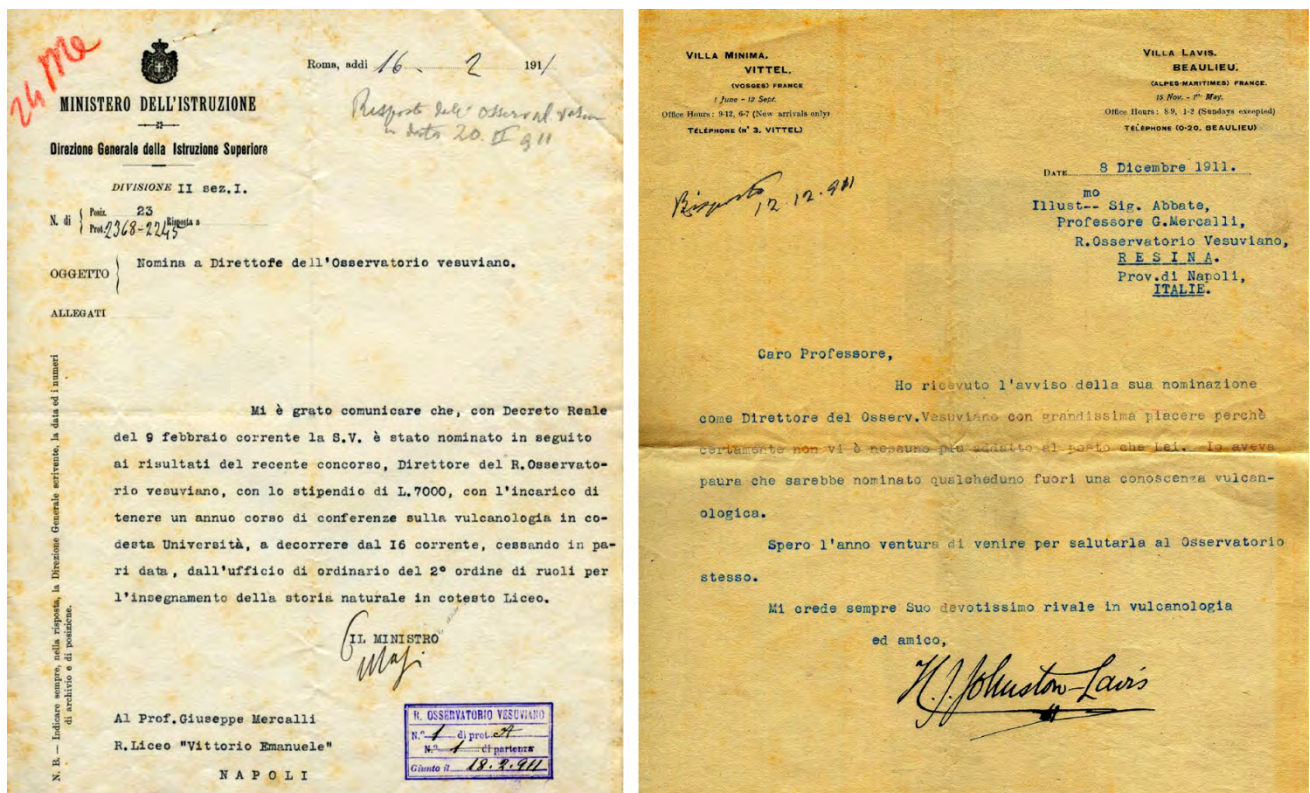


Figura 1. A sinistra, Decreto Reale del 16 febbraio 1911 con il quale Giuseppe Mercalli è nominato Direttore dell'Osservatorio Vesuviano. A destra, gli auguri "scherzosi" di Henry James Johnston-Lavis: "suo devotissimo rivale in vulcanologia ed amico" (Archivio storico del Reale Osservatorio Vesuviano).

2. Il modello di riforma per l'Osservatorio Vesuviano

Mercalli aveva in animo una profonda riforma per valorizzare l'Osservatorio Vesuviano. A tal fine, nel corso dei lavori del XXX Congresso Nazionale della Società Geologica Italiana del settembre 1911 tenutosi a Lecco, sollecitò l'attenzione dei partecipanti sull'opportunità e l'importanza dell'istituto di ricerca napoletano. Tuttavia, prima di dedicarsi alla sua riforma dovette fronteggiare lo stato di degrado che vi trovò in quanto ereditò un Osservatorio completamente in rovina a causa dei danni provocati dall'eruzione del 1906, ma anche da anni di abbandono seguiti alla morte del suo predecessore Matteucci. Seguendo la descrizione tratta dai suoi appunti: *“i libri poggiati su un divano, gli strumenti e le collezioni in armadi rovinati. Le pareti lesionate e il portone d'ingresso distrutto ... L'edificio era in condizioni igieniche pessime, tali da renderlo inabitabile ... gli strumenti meteorologici quasi tutti guasti o mancanti; nessun strumento sismico registratore era in azione ... infine gli strumenti più necessari per le ricerche vulcanologiche ... erano mancanti o in stato inservibile”* [Mercalli, 1911a]. Come primo atto, Mercalli informò dello stato dei luoghi l'allora Governo italiano: *“... mi affrettai ad informare il R. Governo dei grandi bisogni di questo Istituto, e sua Ecc. il Sig. Ministro Credaro prese il più vivo interesse per trovar modo di provvedere ad essi; e, a tale scopo, autorizzò subito la spesa di 50000 lire per il consolidamento e risanamento dell'edificio attuale dell'Osservatorio, che, dal tempo dall'incuria dei Ministeri passati, era ridotto in pessime condizioni e quasi inabitabile; poiché da 65 anni, ossia dalla sua costruzione, non vi furono mai eseguite riparazioni di importanza”* [Mercalli, 1912]. Nell'aprile del 1911 il Corpo Reale del Genio Civile di Napoli stese una relazione sulle condizioni statiche e di agibilità dell'edificio, a seguito della quale, con i finanziamenti concessi, fu avviato un primo lotto di lavori di ristrutturazione. Mercalli non poté vedere il compimento dei lavori poiché morì nel 1914, dopo appena tre anni della sua nomina a Direttore.

La riorganizzazione che Mercalli aveva in mente per l'Osservatorio Vesuviano era basata su un programma di ricerca improntato non solo sullo studio del vulcano e delle sue eruzioni, ma anche sul monitoraggio dello stesso attraverso le registrazioni dell'attività sismica e le analisi delle misure di campagna.



Figura 2. Interno della “grotta sismica” con Alessandro Malladra [Malladra, 1914].

Il programma, sostanzialmente, era frutto dell'esperienza multidisciplinare che egli aveva maturato negli anni precedenti studiando i vulcani italiani. Nel campo petrografico e geologico, ad esempio, gli studi di Mercalli erano basati prevalentemente sulla raccolta e catalogazione delle rocce vulcaniche. Nel campo della sismologia vulcanica, invece, sperimentò l'“*ascoltazione dei microsismi*” per stimare e valutare l'attività vulcanica profonda. Per realizzare il suo programma, Mercalli chiamò come aiuto all'Osservatorio Alessandro Malladra, suo ex allievo, che insegnava a Domodossola, dove aveva riordinato l'Osservatorio geofisico e il Museo di Scienze Naturali. Con la collaborazione di Malladra realizzò, a fine 1912, il nuovo “*impianto sismico*” dell'Osservatorio Vesuviano. Esso era costituito da: una “*rotonda del pilastro sismico*”, dove fu collocata la maggior parte degli strumenti disponibili e funzionanti; la “*stanza dei sismografi*”; la “*cabina sismoscopica*”, presso la stazione inferiore della Funicolare vesuviana; la “*grotta sismica*”, posta a circa 15 metri di profondità e a circa 200 metri di distanza dall'edificio dell'Istituto (Fig. 2 e 3). Le prime misure furono effettuate a partire dal maggio 1913 [Malladra, 1914].

L'ambizioso, per l'epoca, programma di ricerca, finalizzato a valorizzare il ruolo scientifico dell'Osservatorio Vesuviano riguardava, quindi, la vulcanologia in senso stretto ma nello stesso tempo comprendeva studi sugli aspetti fisici, chimici, petrografico-mineralogici, storici e geologici dei sistemi vulcanici. A tal proposito affermò: “... *finché non si studieranno eruzioni di tipo diverso (esplosive, effusive, miste) in modo completo: il che non si può certamente fare da chi arriva al vulcano da paesi più o meno lontani, quando l'eruzione è già più o meno avanzata nel suo svolgimento. Per lo studio completo di un eruzione, è necessario risiedere con gli strumenti opportuni sul vulcano stesso ... Orbene, per l'Osservatorio vesuviano si verificano precisamente tutte queste condizioni ...*” [Mercalli, 1911b]. L'idea di Mercalli racchiudeva, sostanzialmente, anche il concetto odierno di “sorveglianza vulcanica” per cui, come ben noto, è fondamentale l'approccio multidisciplinare per studiare un vulcano e cercare di comprenderne l'evoluzione.

Per attuare il suo modello di riforma chiese al Ministro della Pubblica Istruzione, Luigi Credaro, un aumento sostanzioso della dotazione finanziaria dell'Istituto, che era di appena 5000 lire annue. Il Ministro, compresa l'urgenza e l'importanza delle sue richieste e l'opportunità dello sviluppo tecnologico e scientifico nello studio di terremoti ed eruzioni, nominò una Commissione di scienziati e di tecnici per fare dell'Osservatorio: “... *un Istituto modello, che bene risponda a tutte le esigenze e ai fini dell'Istruzione universitaria e della Scienza vulcanologica*” [Mercalli, 1912].

Mercalli aveva ben in mente anche gli obiettivi sociali che deve avere la ricerca vulcanologica. Dichiarò: “... *l'Osservatorio vesuviano è pure destinato a assicurare le popolazioni circostanti, durante le eruzioni di grande violenza, ad a suggerire i mezzi più opportuni per renderle meno disastrose. Se tutto ciò, che ora si domanda al Governo, già fosse stato un fatto compiuto nell'aprile 1906, io sono persuaso che il numero delle vittime di quel parossismo eruttivo sarebbe stato molto minore*” [Mercalli, 1911b]. Da queste affermazioni emerge la consapevolezza della necessità da parte della comunità scientifica di informare le popolazioni sui pericoli vulcanici per sviluppare azioni di difesa dagli effetti delle eruzioni. Al giorno d'oggi, la corretta informazione per la popolazione concorre non poco alla mitigazione del rischio di un'area esposta ai pericoli naturali.



Figura 3. L'Edificio ai tempi di Mercalli (Archivio storico del Reale Osservatorio Vesuviano).

3. Verso un Istituto Vulcanologico Italiano

Tra fine Ottocento e gli inizi del Novecento molti studiosi, tra cui Carlo De Stefani, titolare della cattedra di Geologia dell'Istituto Superiore di Firenze (futura Università degli Studi della città) e Giorgio Spezia, mineralogista della Regia Università di Torino, ma precedentemente, nel 1872, anche l'abate Antonio Stoppani, di cui Mercalli fu allievo, suggerirono all'allora comunità scientifica la costituzione di un *Istituto Vulcanologico Italiano*. Mercalli fece propria questa idea perfezionandola. A proposito del rinnovamento dell'Osservatorio Vesuviano, infatti, propone: "... con questa trasformazione lo storico Osservatorio vesuviano rimarrebbe; ma divenendo parte d'un Istituto maggiore; e certamente presto si creerebbe anche un Osservatorio flegreo già proposto nel 1906, dalla R. Accademia delle Scienze di Napoli, ma non mai attivato" [Mercalli, 1911b]. L'*Istituto Vulcanologico Italiano* avrebbe avuto sede a Napoli, laboratori a Portici e osservatorio sul Vesuvio, e si sarebbe contrapposto all'istituto vulcanologico del tedesco Karl Gottfried Immanuel Friedländer, che si stava costruendo a Napoli, al Vomero, e che ambiva a diventare internazionale.

Mercalli, inizialmente, aveva sostenuto l'idea dell'istituto vulcanologico di Friedländer: "... Egli da principio aveva accettato di far parte del Comitato locale promotore di tale Istituto, perché credeva che si trattasse di fondare un Istituto di vulcanologia generale ... con programma ben distinto da quello dell'Osservatorio vesuviano." [Mercalli, 1911b]. Quando, però, ebbe chiaro quale fosse la missione di tale istituto nelle intenzioni di Friedländer ne divenne un duro oppositore: "... quando si accorse che la vera intenzione ... era quella di fondare un Istituto specialmente destinato allo studio del Vesuvio". Nel corso del suddetto convegno di Lecco, Friedländer ebbe parole molto dure nei confronti della struttura diretta da Mercalli: "L'Osservatorio vesuviano mancò in passato e mancherà anche in avvenire di mezzi e di personale sufficiente" [Mercalli, 1911b], parole che Mercalli e altri scienziati italiani considerarono offensive. Pertanto, quando seppe che l'Istituto Internazionale di Vulcanologia di Friedländer aveva avuto l'appoggio morale, e forse anche quello finanziario, della Reale Accademia delle Scienze e del Regio Istituto d'Incoraggiamento di Napoli, che non avevano mai mostrato alcun interesse per l'Osservatorio vesuviano, si infervorò non poco e ribadì: "... tutto ciò che lo Stato italiano può dare per la Vulcanologia lo deve destinare all'Osservatorio italiano; e si tiene sicuro che il Governo saprà fare il proprio dovere" [Mercalli, 1911b]. La sua mozione fu approvata, l'istituto Friedländer fu realizzato, ma rimase un ente privato e non ricevette finanziamenti dallo Stato Italiano né ebbe la patente ufficiale di *Internazionale*.

Nel 1914 Mercalli fu nominato Cavaliere della Corona d'Italia (Fig. 4), titolo riservato a coloro che si erano distinti per particolare impegno a favore della nazione. L'alta onorificenza, destinata sia a civili che militari, gli fu conferita per i grandi meriti scientifici.

NOME		COGNOME		DATA DELLA PRESENTAZIONE		SIA	
GIUSEPPE		MERCALLI		12		18	

Gratuito partecipare S. M. Re compiacersi
nominarla Cavaliere Corona Italia, alleggerimenti
Ministro Istruzione Credaro

Eccl. m. Credaro
Ministro Pubblica Istruzione

Prego presentare S. M.
il Re sentite ringraziamenti
miei nomine cavaliere
Corona Italia: ringraziamento
V. G. graditi religiosamente.

Giuseppe Mercalli
Direttore Osservatorio Vesuviano

Spedito alle ore 12.27 L. 13-3-14
Amb. Telegraf. Vesuvio

Figura 4. A sinistra, telegramma della nomina di Giuseppe Mercalli a Cavaliere delle Corona d'Italia ricevuto il 12 marzo 1914. A destra, lettera di ringraziamento di Giuseppe Mercalli telegrafata nella stessa giornata al Ministro della Pubblica Istruzione Luigi Credaro (Archivio storico del Reale Osservatorio Vesuviano).

La nomina a Cavaliere arrivò pochi giorni prima della sua drammatica morte, avvenuta nella notte tra il 18 e il 19 marzo dello stesso anno. Mercalli (Fig. 5), come noto, morì a causa di un incendio che si sviluppò nella sua abitazione di Napoli. Tale fu la commozione sia nella popolazione sia nei suoi allievi del Liceo “Vittorio Emanuele II”, della Scuola Superiore e del Magistero del “Suor Orsola Benincasa” che accorsero a migliaia per dargli l'ultimo omaggio (Fig. 6): *“L'eco della sua tragica dipartita, come quella che egualmente commosso gli umili ed i sapienti, non si spegnerà tanto presto nel mondo ... e le popolazioni che l'amavano non vedranno più la cara persona del maestro, profilarsi sui dirupi dei nostri vulcani, ispirando fiducia nelle ore di calma, impartendo consigli nelle ore del pericolo”* [Oddone, 1914].

Dopo la morte di Mercalli, Malladra prenderà il suo posto, prima come Direttore incaricato, dal 1914, poi come effettivo, dal 1927 al 1935.

A cento anni dalla sua scomparsa le idee che Mercalli aveva in animo sono ancora attuali. Infatti, la sua intuizione di un Istituto Vulcanologico Nazionale è realtà da circa un decennio. Nel 2001, infatti, nasce l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Ente pubblico di ricerca e sorveglianza per i terremoti e i vulcani attivi italiani, all'interno del quale l'Osservatorio Vesuviano confluisce come sezione di Napoli.



Figura 5. L'ultima foto (1914) di Giuseppe Mercalli dalla terrazza dell'Osservatorio. Sullo sfondo il Vesuvio e Colle Umberto (Archivio storico del Reale Osservatorio Vesuviano).



Figura 6. Funerali di Giuseppe Mercalli a Napoli (Archivio storico Reale Osservatorio Vesuviano).

Bibliografia

- Malladra, A., (1914). *L'impianto sismico dell'Osservatorio vesuviano*. Bollettino della Società Sismologica Italiana, 18 (3-4), 194-224.
- Mercalli, G., (1911a). *documenti*. Archivio storico del Reale Osservatorio Vesuviano.
- Mercalli, G., (1911b). *L'Osservatorio Vesuviano e gli indispensabili suoi miglioramenti*. Atti del 30° Convegno della Società Geologica Italiana. Resoconto dell'Adunanza Generale, 4a Giornata, 13 settembre. CCCXLII-CCCLXXI, Lecco-Milano 1911.
- Mercalli, G., (1912). *L'Osservatorio Vesuviano*. Natura, Rivista mensile di Scienze Naturali, 3, 6-16.
- Oddone, E., (1914). *L'opera del prof. G. Mercalli per la Vulcanologia e per la Sismologia*. Bollettino della Società Sismologica Italiana, 17, 245-262.

La morte di Giuseppe Mercalli

Molisso G., Amoresano S., Bojankow L., Carandente R., Perrella L., Vicinanza R.
Liceo Classico Vittorio Emanuele II di Napoli

Introduzione

Questo contributo si propone di approfondire le tragiche circostanze legate alla morte di Giuseppe Mercalli, avvenuta il 19 Marzo 1914. Attraverso un'accurata ricerca d'archivio vengono riportate e analizzate le ricostruzioni dell'accaduto, proposte dalla stampa e dai biografi: le indagini di polizia, infatti, si rivelarono inconcludenti.

Indubbiamente significativa è stata l'attività scientifica condotta dal professor Giuseppe Mercalli. Il suo metodo sperimentale, le sue attente ricostruzioni e analisi storiche dei casi sismici, il suo lavoro di ricerca e documentazione non soltanto hanno trasmesso importanti innovazioni nel campo della vulcanologia e della sismologia, ma ancora oggi rappresentano un bagaglio denso di informazioni tecniche, scientifiche e storiche. Inoltre, insieme alla sua opera di ricerca scientifica, concorre l'esempio etico di uno scienziato che, direttamente impegnato nel sociale, si assume onerose responsabilità nei confronti della collettività; il tutto amalgamato in una personalità curiosa e insolita che non può sfuggire all'attenzione degli scienziati eredi. Ma ancora più insolita, tragicamente insolita, fu la sua morte, mai più approfondita oltre le notizie di cronaca dei giornali del tempo.

Alla pagina 3 del "Messaggero", in data 20 marzo 1914 la testata centrale recita: "*Asfissiato dal fumo e arso dalle fiamme: il prof. Mercalli muore fra orribili spasimi*". Durante la notte, infatti, era divampato nella sua abitazione napoletana un incendio mortale, interrotto solo il mattino dopo dai pompieri della caserma centrale di Pietra Santa. Immediatamente i giornali pubblicarono la notizia, con una fretta dimostrata dai numerosi errori di battitura ritrovati nelle copie originali. Numerose furono le tesi avanzate in seguito sulle precise dinamiche del fatto: riportiamo qui un tentativo di farvi luce attraverso le seguenti ipotesi, ripercorrendo la successione degli eventi.



Figura 1. I titoli dell'articolo del Messaggero del 20 marzo 1914.

1. Le diverse ricostruzioni

Il primo intervento sarebbe da attribuire al vicino di casa del professore, il sig. Tromba, che quel giorno usciva di casa alle 7 del mattino per lavoro. Conoscendo gli orari mattutini dello scienziato, aveva inizialmente trascurato il fumo proveniente dall'appartamento, ma, poiché sapeva che il professore non aveva né famiglia né servi e vedeva il fumo aumentare sempre più, presto si convinse a recarsi personalmente presso la più vicina caserma dei pompieri.

Al diffondersi della notizia, il vicinato, che aveva imparato a stimare il professore, si raccolse commosso sotto il palazzo di Via della Sapienza. Molti, ancora, stavano arrivando per l'onomastico dello scienziato; fra loro la governante Assunta, con un mazzo di fiori, che per l'impatto della notizia ebbe un

mancomento e svenne. Il piccolo assembramento di folla venne sciolto all'arrivo del commissariato San Lorenzo e del giudice istruttore.

La versione riportata dal Mattino di Napoli del 20 marzo, il giorno seguente alla morte, descrive fedelmente la condizione del professore al ritrovamento: *“Ai piedi del lettuccio il cadavere del prof. Mercalli completamente carbonizzato era in una tragica posizione di strazio, con la schiena appoggiata alla spalliera inferiore del letto, le gambe sul pavimento e piegate ai ginocchi, le mani tese verso la porta come per invocare aiuto, nel momento della tragica morte. I piedi non erano carbonizzati ed anzi le calze bianche erano intatte”*. [Il Mattino, 20-21/3/1914, CRONACA]

L'integrità delle calzature costituì un elemento di incertezza e sospetto nelle varie ricostruzioni dell'avvenuto, come nella ricostruzione del Mattino riportata.



Figura 2. A sinistra la copertina de “La Domenica del Corriere” del 20 marzo 1914. A destra il ritratto fotografico del professore, riportato su “Il Mattino” della stessa data.

Fra le varie ipotesi, quelle di stampa e magistratura rimasero frammentarie: probabilmente il professore avrebbe rovesciato una lampada ad olio in equilibrio precario sulla scrivania del suo studio. Nel levarsi dalla scrivania dopo gli studi, circa verso la mezzanotte, potrebbe essersi impigliato con la redingote ad un angolo dello scrittoio, rovesciando il petrolio del lume. Per salvarsi dalle fiamme che lo stavano avvolgendo, si sarebbe diretto in camera da letto per prendere una coperta: ma lì le forze gli sarebbero venute meno e fra il fumo e atroci spasmi il professore sarebbe morto asfissiato. Non molto diversa dalle altre è la ricostruzione de Il Mattino, che scrive:

“Egli verso le ore tre della notte deve aver chinato il capo sulla scrivania, alla quale lavorava, alla luce del lume a petrolio, indi preso dal sonno. [...] In quello stato egli deve aver fatto un qualche movimento con le braccia, sì che ha smosso il castelletto di carte sulle quali aveva

situato il lume e il petrolio deve nello stesso tempo essersi versato sul capo del dormiente o svenuto professore, ed avervi appiccato il fuoco, anche perché il lucignolo era libero dal tubo che nel brusco movimento era caduto per terra infrangendosi. Destato o scosso dal dolore acuto e dalle fiamme il Mercalli deve essersi reso conto dell'orribile situazione e aver compreso la tragicità del momento. [...] Con uno sforzo supremo il professore deve aver portato la mano al capo, cercando di domare le fiamme ed in quel momento egli deve aver gettato il berretto e gli occhiali. [...] La nessuna traccia di incendio nello studio si spiega col fatto che il professore deve averlo abbandonato quando solo il suo capo era in preda al fuoco, ed egli sentendosi libere le mani e le gambe voleva e poteva tentare di salvarsi dalle terribili fiamme che gli ardevano sul cervello, spegnendole tra le coperte del suo letticiuolo. Ma le forze non gli sono bastate: egli è caduto privo di sensi sul letto e le coperte ed i materassi hanno preso fuoco anche esse, e hanno finito di ucciderlo fra le fiamme, carbonizzandolo completamente.”

[Il Mattino 20-21/3/1914, ibidem]

Altre ricostruzioni si focalizzano sui frequenti attacchi nervosi e di sfinimento di cui ormai soffriva l'anziano professore. Si ipotizza, in generale, che lo scienziato si sarebbe addormentato, o sarebbe svenuto, sulla scrivania e nell'incoscienza avrebbe urtato il lume ad olio.

Infine, il medico municipale Dr. Marcello Rossi sostenne: *“il professore Mercalli era solito fumare la pipa e può essere stato colto da male: nel movimento la pipa rovesciata avrà potuto comunicare il fuoco al letto nel quale il professore si accingeva a riposarsi”*. Questa versione, tuttavia, risulta incongrua con i danni rinvenuti nello studio e con l'eccessiva carbonizzazione.

L'incendio non avviluppò gli spazi circostanti, e tre soprabiti posti vicino al letto rimasero inspiegabilmente intatti. Si esclude immediatamente l'ipotesi del suicidio o che il fuoco fosse divampato sulle carte dello studio, di cui non venne trovata alcuna traccia, come sostennero i vicini.

La stampa straniera risulta altrettanto incerta: il *New York Times* avvalorò l'ipotesi del rovesciamento del lume, senza però soffermarsi sulle modalità.

2. L'ipotesi di Flammarion

Il francese Camille Flammarion, invece, più che concentrarsi sull'incidente, propone una ricostruzione radicalmente diversa: constata l'elevata quantità di petrolio rivenuta e quindi ipotizza l'intervento di alcuni malfattori che avrebbero rapinato Mercalli di ipotetici risparmi che il professore avrebbe destinato alla ricerca. Prova ne potrebbero essere i cassetti, rinvenuti rovistati.

“En examinant la chambre incendiée, les agents ont été surpris de constater que le pétrole répandu sur le sol était en quantité beaucoup plus grande que celle qu'une lampe peut contenir. Poussant plus loin leurs investigations, ils ont cru pouvoir établir que le professeur Mercalli avait été victime d'un assassinat et que l'incendie a été allumé ensuite”.

[L'astronomie, G. Mercalli, directeur de l'observatoire du Vesuve]

Non esistono notizie certe sull'esistenza di tali risparmi, ma si conosceva lo stile di vita del professore, quasi ascetico, così come il suo gusto molto sobrio e semplice [Baratta, 1915]. Quest'ultima ipotesi si presenta come la meno cruenta, in quanto implicherebbe l'assassinio e successivamente un incendio solo inscenato. Esclude, pertanto, la straziante agonia del Mercalli.

3. L'ipotesi di Malladra

L'ipotesi suddetta di un delitto a scopo di furto viene, tuttavia, esplicitamente rigettata da Alessandro Malladra, suo “erede spirituale”. Come si può leggere nel suo elogio *“L'attività scientifica di Giuseppe Mercalli”*, egli ritiene che il “*poverino*”, tornato a casa a notte fonda, si sia addormentato mentre era seduto al tavolino con il sigaro acceso tra le labbra, *“come gli era capitato più volte all'Osservatorio”*. Il sigaro, caduto tra le pieghe del vestito, avrebbe bruciato il tessuto, svegliando lo scienziato di soprassalto. In preda all'agitazione, poi, egli avrebbe fatto capovolgere la lampada che, cadendo, si sarebbe spenta. Dopo vani tentativi di spegnere le fiamme con qualche coperta, egli avrebbe perso i sensi e sarebbe perito tra le

fiamme. L'allievo, nel descrivere la sua morte, pone particolare attenzione ai dettagli cruenti della sua tragica fine.

“Le sofferenze del disgraziato maestro dovettero essere atroci; negli abiti appesi si rinvenne appiccicata la pelle abbrustolita del viso, e quindi e quindi, le impronte delle dita. L'intera epidermide della mano destra, con le unghie -di quella mano che vergò tante pagine sapienti- trovata in terra, con un guanto abbandonato, si conserva ora tra i cimelii dell'Osservatorio Vesuviano.”

Quanto all'ipotesi del furto, egli, chiamato dagli inquirenti nell'abitazione del professore, dichiarò che non mancava nulla di ciò che i suoi conoscenti intimi sapevano di doversi trovare, contrariamente ad altre testimonianze (come quelle riportate da Flammarion) secondo cui alcune carte erano scomparse e i cassetti erano rovistati.

“Fu un'orrenda disgrazia, conseguente al suo proposito di vivere da solo, per non avere disturbi nei suoi prediletti studi.” [Alessandro Malladra, L'attività scientifica di Giuseppe Mercalli]

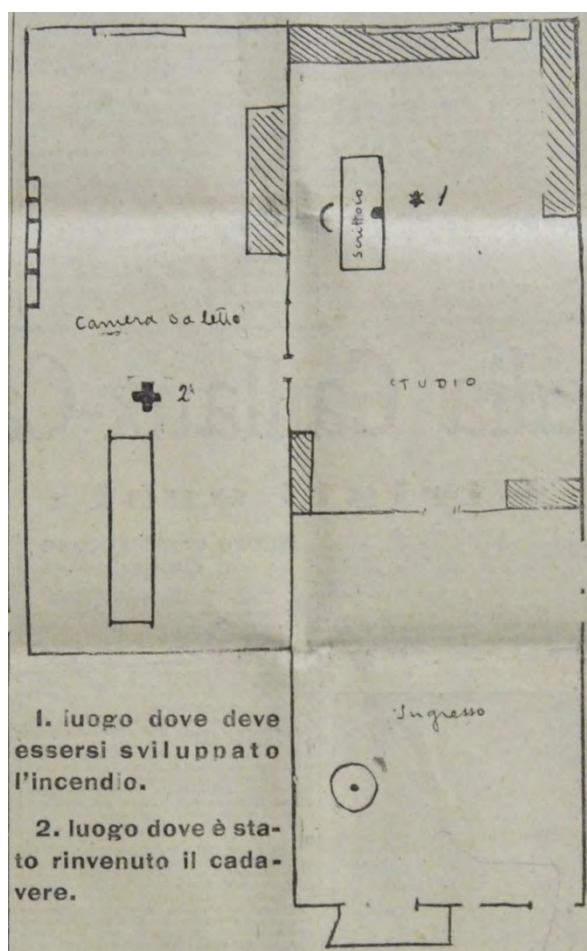


Figura 3. La piantina dell'appartamento di Mercalli da “Il Mattino” del 20 marzo 1914.

4. L'abitazione

Interessante è la ricostruzione dell'abitazione, in via della Sapienza n. 23, resa da Il Mattino. Il modestissimo appartamento di tre stanze all'ultimo piano, distrutto durante la Seconda Guerra Mondiale, fu una scelta coerente al tenore di vita del professore, che si sarebbe potuto permettere una vita all'altezza della sua fama e della sua posizione, ma rinunciò volentieri al lusso per la vista dal suo terrazzo sul Vesuvio.

“La sua abitazione ha l'aspetto di una casetta da bohemien: le tre camerette, oltre l'infinità di carte vecchie, opuscoli e libri ingialliti e lettere, gettati alla rinfusa su sedie e mobilucci sgangherati, hanno un arredamento così misero che l'aspetto che assumono i tre vani di forse un metro e mezzo per tre, ciascuno di area è addirittura squallido. Nella stanza d'ingresso è una tinotta da bagno in zinco, ripiena di carte vecchie; e non altro. Lo studio che ha una finestrina che dà in un vicolo ha, a sinistra di chi entra, la porta di comunicazione con la stanzetta da letto. A destra e a sinistra della porta di comunicazione sono un tavolo e uno scrittoio. Sul tavolo vi è, fra una grande confusione di carte, libri e oggetti di vestiario, una macchinetta da caffè, una tazza ed un cucchiaino. Sullo scrittoio molti libri e di fronte una libreria, corrosa dal tempo, contenente una serie di volumi rilegati in pergamena. Alle pareti due diplomi di benemerenza di società di studiosi e null'altro; né altro mobilio, né altro ornamento nel piccolo studio. Nella stanza da letto l'arredamento è addirittura ridotto ai minimi termini: un lettino in ferro, un cassettone ed un attaccapanni.”

[Il Mattino, 20-21/3/1914, ibidem].

5. Conclusione

Il numero elevato di ipotesi, le incongruenze, i dettagli molto spesso non coincidenti tra una ricostruzione e l'altra spingono ancora oggi, come si è potuto constatare, dopo esattamente un secolo, a considerare la morte dell'illustre scienziato un giallo dalle tinte fosche e misteriose. Probabilmente il caso resterà sempre offuscato da una nebbia fitta e certamente dolorosa per i suoi seguaci e studiosi, il cui cruccio sarà quello di non riuscire a far luce completamente sulla drammatica vicenda. Il nostro tentativo, tuttavia, è stato quello di approfondire il caso, recando il giusto pregio ad un uomo che non solo condusse una vita fuori dal comune, ma fu anche protagonista di una morte tragicamente insolita. La nostra ricerca, limitata allo studio di giornali dell'epoca e di elogi, può ad ogni modo essere ulteriormente approfondita ottenendo maggiori informazioni dagli Archivi di Stato.

Bibliografia

Il Mattino, 20-21/3/1914.

Il Messaggero, 20/3/1914.

The New York Times, 20/3/1914.

Flammarion, C., (1914). *G. Mercalli, directeur de l'observatoire du Vesuv.* L'Astronomie. Revue mens. Apr. pp. 192-194, Paris.

Malladra, A., (1914). *L'attività scientifica di Giuseppe Mercalli.* Rassegna Nazionale, Firenze.

Baratta, M., (1915). *L'opera scientifica di Giuseppe Mercalli.* Boll. Soc. Geol. Ital., vol XXXIV, pp 342-419.

Un omaggio a Giuseppe Mercalli: la mercallite

Russo M.

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

Il Somma-Vesuvio è una delle aree mineralogiche più ricche al mondo, se ne consideriamo l'estensione. I minerali studiati in quest'area appartengono ad oltre 267 specie, e di questi 66 sono stati rinvenuti al Vesuvio per la prima volta al mondo [Russo e Punzo, 2004; Russo, 2007]. Non stupisce il fatto che essendo uno dei vulcani più studiati e conosciuti al mondo, tantissimi studiosi di mineralogia sia italiani sia stranieri abbiano usato questo vulcano come una “palestra” di studio. Nel 1825 Teodoro Monticelli e Nicola Covelli così dicevano del Vesuvio: “*Pare che la natura abbia voluto stabilire una specie di laboratorio di cristallizzazioni nelle viscere del Vesuvio*”. Da oltre 300 anni il vulcano è studiato e, soprattutto nel periodo che va dagli inizi dell'800 al 1935, ha visto all'opera grandi studiosi come Teodoro Monticelli, Nicola Covelli, Arcangelo Scacchi, Ferruccio Zambonini, Guido Carobbi.



Figura 1. Guido Carobbi (1900-1983).

A quei tempi (ma anche oggi) era d'uso dedicare le nuove specie ad illustri scienziati e soprattutto, visto che l'Osservatorio Vesuviano era un punto di riferimento per tutti gli studiosi, ai suoi direttori. Ad essi furono infatti dedicati la palmierite: $K_2Pb(SO_4)_2$ in onore di Luigi Palmieri [Lacroix, 1907]; la matteuccite: $NaH(SO_4) \cdot H_2O$ in onore di Raffaele Vittorio Matteucci [Carobbi e Cipriani, 1952]; la malladrite: $Na_2[SiF_6]$ in onore di Alessandro Malladra [Zambonini e Carobbi, 1926], e certo non poteva mancare la mercallite dedicata a Giuseppe Mercalli, noto vulcanologo e sismologo, morto tragicamente nella sua casa, arso da un lume a petrolio nel 1914.

Guido Carobbi (Pistoia 1900 - Firenze 1983; Fig. 1) fu allievo e assistente di Ferruccio Zambonini alla cattedra di Chimica Generale all'Università di Napoli. Restò a Napoli dal 1922 al 1930 per poi trasferirsi a Messina, Modena, Bologna e infine a Firenze. Il periodo napoletano lo vide particolarmente attivo nello studio della mineralogia sistematica vesuviana ed in particolar modo dei minerali delle fumarole [Cipriani, 1984]. A i suoi studi si devono la caratterizzazione e la scoperta di 6 specie minerali nuove al mondo, una di queste è la mercallite: $KH(SO_4)$.

La mercallite (Fig. 2) fu descritta da Carobbi [1935] e dedicata a Giuseppe Mercalli (direttore dell'Osservatorio Vesuviano dal 1911 al 1914, anno della sua morte). Il minerale è stato rinvenuto una sola volta al Vesuvio nei miscugli salini delle fumarole del 1933 e si presentava in microscopici cristalli di colore leggermente celestino, aventi habitus tabulare e dimensioni massime di 0.04 mm. La mercallite fu rinvenuta assieme ad un altro minerale molto raro: la misenite $K_8(SO_4)(SO_3OH)_6$.

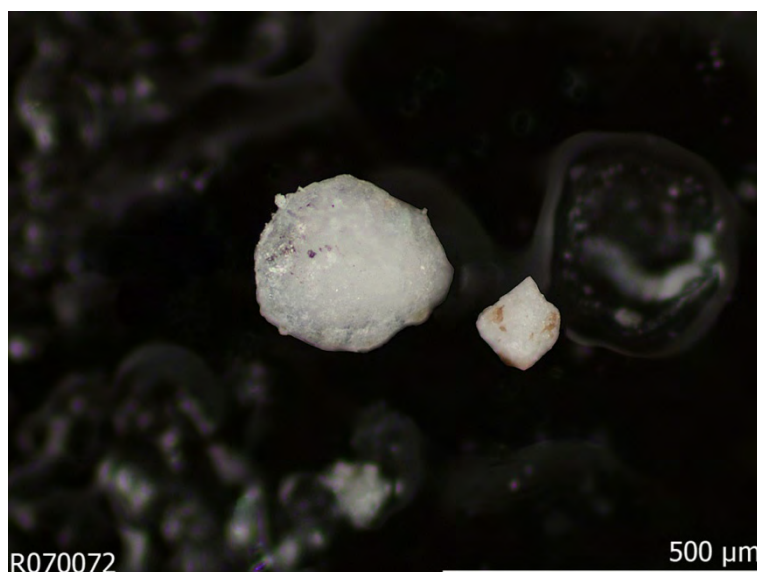


Figura 2. Mercallite, granulo [<http://rruff.info/mercallite/>].

Guido Carobbi così cita nel suo lavoro del 1940:

“Le fenditure incandescenti e stridenti delle lave del maggio-giugno 1933 ed in particolare di quelle del fontanile lavico apertosi il 3 giugno alla base sud del conetto eruttivo nel fondo del cratere vesuviano erano ricche di miscugli salini assai interessanti dal punto di vista mineralogico. Le ricerche eseguite in questo istituto hanno infatti permesso di identificare, nelle miscele a cloruri alcalini, la polialite e la glauberite, minerali nuovi per il Vesuvio, nonché cristalli di allumogeno. Fra i prodotti di ferro che imbevevano i blocchi a cloruri e solfati alcalini è stato poi trovato il solfato ferroso esaidrato che sarebbe una specie mineralogica nuova ... (ferroesaidrite) ... Sono anche abbondanti le aftitaliti cuprifere, che stiamo studiando. Notevole è l'assenza di acido borico e di fluoborati. ... In special modo la mia attenzione è stata attirata da una stalattite di colore cilestrino, lunga circa 15 cm., raccolta dopo la pioggia sulle lave del fontanile del 3 giugno 1933. ... La presenza di bisolfati alcalini, per quanto io so, non era mai stata segnalata fra i minerali vesuviani. ... Le ricerche che ... espongo hanno accertata la presenza, nel miscuglio costituente la stalattite vesuviana, di cristalli del composto rombico $KHSO_4$ che deve quindi considerarsi come una nuova specie minerale per la quale propongo il nome di «mercallite» per ricordare l'illustre Direttore del Reale Osservatorio Vesuviano prof. Giuseppe Mercalli ben noto studioso dei terremoti e di tutte le manifestazioni dei vulcani italiani ed in particolare del Vesuvio. ... Il miscuglio è costituito in prevalenza da bisolfato potassico, deve però anche essere presente bisolfato sodico ed inoltre il 6-7 % di solfato neutro di sodio o potassio (con ogni probabilità almeno in parte legato al bisolfato sotto forma di misenite). ... Le ricerche microscopiche hanno infatti permesso di individuare dei cristallini tabulari di dimensioni comprese tra 0.01 e 0.04 mm., fortemente birifrangenti, biassici positivi riferibili al bisolfato potassico. ... Detti cristallini non hanno quasi mai contorni cristallograficamente definiti in accordo col fatto che la stalattite in esame, costituita da composti solubilissimi in acqua, era stata raccolta dopo la pioggia che l'aveva in parte disciolta. ... In complesso i valori trovati confermano l'identità dei cristalli naturali con quelli del bisolfato potassico artificiale”.

La temperatura di formazione è stimata al di sotto di 216-218°C, che è la sua temperatura di fusione [Amigo, 1968]. Si tratta di una specie solubile in acqua e, a causa delle mutate condizioni delle fumarole del Vesuvio (temperatura e chimismo dei fluidi), la sua attuale formazione è nulla; per tanto i campioni di mercallite sono molto limitati. L'olotipo è conservato nel Museo di Mineralogia e Litologia dell'Università di Firenze.

Lo status ufficiale della specie è quella di “grandfathered” cioè di una specie valida approvata, ma

prima del 1959 anno di fondazione della International Mineralogical Association (IMA) che ha lo scopo di promuovere la mineralogia e standardizzarne la nomenclatura. All'interno dell'IMA è presente la Commission on New Minerals, Nomenclature and Classification (CNMNC), che sovrintende all'assegnazione dei nomi alle nuove specie mineralogiche scoperte, alla revisione dei nomi esistenti e alla cancellazione delle specie non valide (<http://www.ima-mineralogy.org/>).

Il 1933 è stato un anno molto interessante dal punto di vista mineralogico; dalla tabella 1 si evince che in quell'anno furono rinvenute quattro nuove specie (carobbiite, malladrite, matteuccite, mercallite) e cinque nuovi ritrovamenti per la prima volta al Vesuvio (glauberite, misenite, polyhalite, ralstonite, portlandite): un vero e proprio record per quei tempi.

Tabella 1. Minerali rinvenuti nelle fumarole del Vesuvio nel 1933.

Specie	Formula Chimica	Referenza_1	Referenza_2
Aftitalite	$K_3Na(SO_4)_2$	Minguzzi (1937)	
Alite	$NaCl$	Alfani (1935a)	
Alunogeno	$Al_2(SO_4)_3(H_2O)_{12} \cdot 5H_2O$	Alfani (1933)	Alfani (1935a)
Allume potassico	$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	Alfani (1933)	
Carobbiite	KF	Carobbi (1940)	Strunz (1956)
Eritrosiderite	$K_2Fe^{3+}Cl_5 \cdot H_2O$	Carobbi e Cipriani (1952)	
Ferrosaidrite	$Fe^{2+}SO_4 \cdot 6H_2O$	Alfani (1935b)	
Gesso	$Ca(SO_4) \cdot 2H_2O$	Alfani (1933)	
Glauberite	$Na_2Ca(SO_4)_2$	Alfani (1935a)	
Hieratite	K_2SiF_6	Carobbi e Cipriani (1952)	
Malladrite	Na_2SiF_6	Carobbi e Cipriani (1952)	
Matteuccite	$NaH(SO_4) \cdot H_2O$	Carobbi e Cipriani (1952)	
Mercallite	$KH(SO_4)$	Carobbi (1935)	Carobbi e Cipriani (1952)
Metavoltina	$K_2Na_6Fe^{2+}Fe^{3+}_6O_2(SO_4)_{12} \cdot 18H_2O$	Alfani (1933)	
Misenite	$K_8(SO_4)(SO_3OH)_6$	Carobbi (1935)	
Polialite	$K_2Ca_2Mg(SO_4)_4 \cdot 2H_2O$	Alfani (1935a)	
Portlandite	$Ca(OH)_2$	Minguzzi (1937)	
Sassolite	$B(OH)_3$	Alfani (1933)	
Silvite	KCl	Alfani (1935a)	
Solfo	S	Alfani (1933)	
Ralstonite	$Na_{0.5}(Al,Mg)_2(F,OH)_6 \cdot H_2O$	Carobbi e Cipriani (1952)	
Voltaite	$K_2Fe^{2+}_5Fe^{3+}_3Al(SO_4)_{12} \cdot 18H_2O$	Alfani (1933)	

Le specie in grassetto sono considerate Località Tipo, cioè trovate per la prima volta al mondo al Vesuvio.

A quel tempo il Vesuvio, dopo l'eruzione del 1929, presentava un'attività intermittente. Dalle cronache di Imbò si evince che nei primi due mesi del 1933 (Fig. 3) l'attività al conetto eruttivo fu fortissima (lanci copiosi, ad altezze di circa 100 m, di scorie incandescenti) sino poi a diventare debolissima. Durante i mesi successivi l'attività ebbe incrementi alterni e fuoriuscite di lava dalla cima del ricostruito conetto interno al Vesuvio, che si riversavano nell'ampia conca circolare fino a colmarla. Nel giugno dello stesso anno si sgretolò per crollo la cima del conetto in conseguenza di una iniezione magmatica; si formò una larga frattura dalla cima al fondo del conetto, dalla cui base scaturì una copiosa colata di lava [Imbò, 1949].



Figura 3. Alcune fasi del conetto interno al Vesuvio nel 1933 [Imbò, 1949].

L'attività intracraterica continuò sostanzialmente invariata per molti anni, anche se, un po' a causa degli eventi bellici della seconda guerra mondiale, un po' perché con l'ultima eruzione del 1944 il Vesuvio ha cessato la sua attività, e un po' perché gli studi mineralogici si sono rivolti verso aspetti più applicativi, la ricerca in sé e per sé e le esplorazioni finalizzate alla scoperta di nuovi minerali, al giorno d'oggi sono diminuite notevolmente.

Bibliografia

- Alfani, M., (1933). *Contributi allo studio dell'allume vesuviano*. Periodico di Mineralogia, 4, 395-409.
- Alfani, M., (1935a). *Sulla presenza della glauberite e della polyhalite fra i prodotti dell'attività fumarolica vesuviana del maggio-giugno 1933*. Annali del Reale Osservatorio Vesuviano, 3, 73-82 (1931-32).
- Alfani, M., (1935b). *Sui sali di ferro delle fumarole vesuviane a cloruri e solfati alcalini del maggio-giugno 1933*. Annali del Reale Osservatorio Vesuviano, 3, 83-101 (1931-32).
- Amigo, J.M., (1968). *Estudio termico del mineral mercallita, KHSO₄*. Acta Geologica Hispanica, 3, 105-107.
- Carobbi, G., (1935). «*Mercallite*» nuovo minerale fra i prodotti dell'attività fumarolica vesuviana del 1933. Rendiconti della Reale Accademia Nazionale dei Lincei (Scienze fisiche e matematiche), 21, 385-393.
- Carobbi, G., (1936). *Fluoruro di alluminio, magnesio e calcio, bisolfato sodico, mercallite ed hieratite fra i prodotti dell'attività fumarolica vesuviana del 1934*. Atti della Reale Accademia delle Scienze, Lettere ed Arti di Modena, 1, 3-12.
- Carobbi, G., (1940). *Ricerche vesuviane*. Bulletin Volcanologiques. 7, 3-42, Napoli.
- Carobbi, G. e Cipriani, C., (1952). *Ralstonite e bisolfato sodico (matteuccite) fra i prodotti delle fumarole vesuviane*. Rendiconti dell'Accademia Nazionale dei Lincei, 12(1), 23-29.
- Cipriani, C., (1984). *Guido Carobbi (1900-1983)*. Rendiconti della SIMP Società Italiana di Mineralogia e Petrologia, 39(1), 17-20.
- Imbò, G., (1949). *L'attività eruttiva vesuviana e relative osservazioni nel corso dell'intervallo intereruttivo 1906-1944 ed in particolare del parossismo del marzo 1944 (1^a Parte)*. Annali dell'Osservatorio Vesuviano, 1, 185-380 (1951).
- Lacroix, A., (1907). *Sur une espèce minérale nouvelle des fumerolles à haute température de la récente éruption du Vésuve*. Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences 144, 1397-1401.
- Minguzzi, C., (1937). *Sulla presenza della portlandite fra i prodotti vesuviani*. Periodico di Mineralogia, 8, 5-13.
- Monticelli, T. e Covelli, N., (1825). *Prodromo della mineralogia vesuviana*. Da' Torchi Del Tramatre, Napoli, XXXIV, 486 pp., 19 tavv.
- Russo, M., (2007). *Elenco de "I Minerali del Somma-Vesuvio" (aggiornato al gennaio 2007)*. 7 pp. in: http://forum.amiminerals.it/files/elenco_dei_minerali_del_somma_05_01_2007_161.pdf. Associazione Micromineralogica Italiana (AMI).
- Russo, M. e Punzo, I., (2004). *I Minerali del Somma-Vesuvio*. 320 pp. Associazione Micromineralogica Italiana, Cremona. ISBN 88-901507-0-X. ISBN 978-88-901507-0-8.
- Strunz, H., (1956). *Carobbiit, ein neues mineral*. Rendiconti della Società Mineralogica Italiana, 12, 212-213.
- Zambonini, F. e Carobbi, G., (1926). *Sulla presenza del fluo-silicato di sodio e di quello di potassio fra i prodotti dell'attuale attività del Vesuvio*. Rendiconti della Reale Accademia Nazionale dei Lincei (Scienze fisiche e matematiche), 4, 171-175.

L'Osservatorio Vesuviano: la vulcanologia tra passato e futuro

De Natale G.

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

Introduzione

L'Osservatorio Vesuviano, primo osservatorio vulcanologico al mondo fondato nel 1841, ha avuto un ruolo centrale nello sviluppo della vulcanologia moderna, sebbene con alti e bassi dovuti alle alterne vicissitudini politiche che hanno caratterizzato nell'800 e nella prima metà del '900 la nostra penisola, ed in particolar modo il Meridione. L'Osservatorio Vesuviano ebbe un esordio prestigioso, comprendente l'inaugurazione del 1845 durante il Congresso degli Scienziati a Napoli, a testimonianza di un periodo di grande progresso economico e culturale del Regno Borbonico delle Due Sicilie, sotto la guida di Ferdinando II. Come è noto, però, il grande dinamismo ed apertura culturale ed economica che caratterizzò gran parte del regno di Ferdinando II si arenò bruscamente a seguito dei moti del 1848, e la profonda involuzione che caratterizzò il Regno ebbe riflesso anche sull'Osservatorio Vesuviano. Macedonio Melloni, il suo primo direttore, fisico prestigioso di livello internazionale, per il suo appoggio politico ai moti del '48 fu destituito e morì di colera, nel 1854 nella sua villa di Portici.

Luigi Palmieri fu il primo vero direttore dell'Osservatorio, nel senso che ebbe il tempo e le risorse per occuparsene. Ideò diversi strumenti per la geofisica e la vulcanologia, tra cui il primo sismografo elettromagnetico. Negli ultimi anni della sua lunga direzione, la sua azione, dapprima innovativa, si offuscò ed iniziò un periodo di forte decadenza dell'Istituzione, che in parte perdurò anche durante la direzione di Raffaele Matteucci, che cercò senza successo di venirne a capo. L'Osservatorio fu riportato al centro della ricerca vulcanologica internazionale da Giuseppe Mercalli, persona schiva e taciturna ma geniale, con idee incredibilmente moderne sulla vulcanologia. Mercalli mise a punto un progetto per l'Osservatorio Vesuviano (e per la vulcanologia italiana) di grande respiro e di enorme ambizione ed innovazione. Purtroppo poté a malapena iniziarlo, perché morì tragicamente e prematuramente dopo soli tre anni di direzione. Alessandro Malladra ne riprese in parte gli obiettivi, ma ormai la vulcanologia italiana era stata superata dai grandi progressi di americani e giapponesi, che insieme agli studiosi inglesi stavano rivoluzionando la geologia e la geofisica, mentre la cultura italiana languiva sotto la mediocre coltre ideologica del fascismo. Un nuovo lampo di notorietà all'Osservatorio arrivò nel 1944, con l'ultima eruzione del Vesuvio, che trovò l'esercito alleato a Napoli e fu immortalata in innumerevoli foto e filmati americani. Giuseppe Imbò, che fu direttore da quell'epoca e fino al 1971, si accorse dell'eruzione imminente ed avvertì gli americani, che non vi dettero peso e patirono notevoli danni alla flotta aerea alloggiata nell'aeroporto di Terzigno, ai piedi del vulcano. Imbò si trovò anche a gestire il primo episodio di bradisisma ascendente flegreo, iniziato nel 1969, e fece ordinare la controversa evacuazione del Rione Terra di Pozzuoli nel marzo 1970. L'Osservatorio Vesuviano fu anche in prima linea nella gestione dei due più importanti interventi di protezione civile in Italia: il terremoto irpino-lucano del 1980 ed il bradisisma flegreo del 1982-1984. Dal 2000, l'Osservatorio Vesuviano è la sezione di Napoli dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, uno dei più grandi ed importanti Istituti di ricerca geofisica e vulcanologica al Mondo.

1. La nascita e gli esordi dell'Osservatorio Vesuviano

L'Osservatorio Vesuviano viene fondato nel 1841 (Tab 1), a seguito delle richieste di numerosi intellettuali del Regno delle Due Sicilie tra cui primeggia Teodoro Monticelli, il vero fautore di questa importante iniziativa. L'Osservatorio Vesuviano, primo osservatorio vulcanologico al mondo (in realtà il termine non è ancora nato, ed il nome corretto è "Reale Osservatorio Meteorologico Vesuviano") si colloca quindi nel periodo di grande dinamismo del Regno di Ferdinando II, tra una serie di importanti "primati" che ancora oggi stupiscono per un Regime a lungo (ed a torto) tacciato, dopo l'unificazione d'Italia, come "retrogrado" ed "oscurantista". L'inaugurazione vera e propria dell'Osservatorio avviene nel 1845, durante il "Congresso degli Scienziati" tenuto in quell'anno a Napoli. A dirigerlo è chiamato Macedonio Melloni, illustre fisico parmense scopritore dell'effetto termico della luce (infrarosso termico), già insignito della "Medaglia Rumford" (l'equivalente, per l'epoca, di un attuale Premio Nobel).

LE TAPPE PRINCIPALI DELL'OSSERVATORIO VESUVIANO

1840

Macedonio Melloni propone la costruzione di un Osservatorio Meteorologico sul Vesuvio

1841

Il ministro degli interni Nicola Santangelo incarica Gaetano Fazzini di progettare l'Osservatorio, inaugurato il 28 settembre 1845

1847

Viene completata la costruzione, il direttore Melloni si reca a Parigi per l'acquisto di strumenti

1848

Il 15 maggio Melloni è destituito dalla carica

1856

Luigi Palmieri è nominato direttore

1857

Installazione del primo sismografo elettromagnetico realizzato da Palmieri

1860

Il Reale Osservatorio Meteorologico è annesso alla cattedra di Fisica Terrestre dell'Università di Napoli

1872

Dal 24 aprile al 2 maggio eruzione che distrugge San Sebastiano e Massa di Somma

1896

Muore Palmieri.
Direttore pro tempore diventa Eugenio Semmola

1903

Raffaele Vittorio Matteucci è nominato direttore straordinario

1906

Dal 4 al 22 aprile l'eruzione colpisce Boscotrecase e Torre Annunziata

1909

Muore Matteucci

1909-11

Ciro Chistoni viene nominato direttore pro tempore

1911

Giuseppe Mercalli è nominato direttore

1913

Il Vesuvio, dopo l'ostruzione del condotto successiva all'eruzione del 1906, riprende l'attività intracaterica

1914

Muore a Napoli tragicamente Giuseppe Mercalli.
Direttore pro tempore è Alessandro Malladra

1915

Viene affidata la direzione a Ciro Chistoni, titolare della cattedra di Fisica Terrestre dell'Università di Napoli

1919

L'Osservatorio entra nell'Unione Internazionale di Geodesia e Geofisica

1923

La gestione tecnica e amministrativa passa a un Comitato Vulcanologico Universitario

1927

Alessandro Malladra è direttore fino al 1935

1934

Giuseppe Imbò viene nominato Conservatore dell'Osservatorio e nel 1936 titolare della cattedra di Fisica Terrestre all'Università di Napoli

1943

L'Osservatorio viene requisito dal Comando Alleato e utilizzato come ufficio meteorologico

1944

Dal 18 al 30 marzo eruzione del Vesuvio e distruzione di San Sebastiano e Massa di Somma

1970

Bradisismo flegreo. Il rione Terra di Pozzuoli è evacuato.
Imbò viene collocato a riposo per limiti di età

1971

Paolo Gasparini è nominato direttore. Rimane in carica fino al 1983

1980

Il 23 novembre terremoto in Irpinia. L'Osservatorio è chiamato al coordinamento scientifico straordinario deliberato dal CNR

1983

Giuseppe Luongo è nominato direttore dell'Osservatorio fino al 1993.
L'Osservatorio è chiamato a gestire l'emergenza del bradisismo flegreo (1982-1984)
Circa 40.000 persone del centro storico di Pozzuoli vengono evacuate

1993

Lucia Civetta è nominata direttore dell'Osservatorio fino al 2001

2001

L'Osservatorio diventa sezione di Napoli dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Tabella 1. Scheda sintetica degli episodi che hanno caratterizzato la storia dell'Osservatorio Vesuviano.

Ma, nonostante le grandi premesse, l'Osservatorio non decolla; l'involuzione ed i rovesci politici del Regno, iniziati nel 1848, producono quel declino irreversibile dello Stato, culminato con la sua fine nel 1860, di cui anche l'Osservatorio risente. Macedonio Melloni, che per le sue idee liberali aveva già passato gran parte della sua vita in esilio in Francia, ed era appena rientrato in Italia chiamato, in maniera

lungimirante, da Ferdinando II, viene da questi presto destituito a seguito del suo appoggio ai moti ed alle idee del '48, e vivrà il resto della sua esistenza in condizioni di semiconfinamento nella sua villa di Portici.

Il vero inizio dell'attività dell'Osservatorio Vesuviano data quindi da quando Luigi Palmieri ne assume la direzione nel 1856. Anche Palmieri proviene da studi di Fisica, ed è particolarmente attivo nell'ideazione di nuova strumentazione per la sismologia e la vulcanologia. È suo il primo sismografo elettromagnetico, ingegnoso ma molto diverso da quelli attuali, conservato ancor oggi nella sede storica dell'Osservatorio nelle due versioni: da stazione e portatile (Fig. 1).



Figura 1. Il sismografo elettromagnetico da stazione di Luigi Palmieri del 1856 (a); il trasporto del sismografo portatile nel 1891 (b).

Realizzando la versione portatile del suo sismografo elettromagnetico, Palmieri ha la fondamentale intuizione che i piccoli terremoti che precedono o seguono gli eventi catastrofici (grandi terremoti o eruzioni) contengono importanti informazioni su tali processi, e vanno quindi registrati con strumentazione appositamente installata in loco. Questa pratica costituisce la norma della sismologia tettonica e vulcanica moderne, ed è stata brillantemente anticipata da Palmieri. Palmieri ha anche l'importante merito di aver iniziato la pubblicazione degli "Annali del Reale Osservatorio Vesuviano", in cui annotava ogni dettaglio dell'attività del Vesuvio.

Nell'ultimo periodo della sua direzione, detenuta fino alla morte (1896), Palmieri diviene chiuso alle idee ed alla ricerca più moderne, e l'Osservatorio inizia una fase di declino che finirà, purtroppo solo temporaneamente, con la direzione di Mercalli.

Nel frattempo, si deve annotare la direzione di Matteucci, un valente scienziato con solida preparazione di petrografo acquisita in Germania, messo a capo di un Osservatorio ormai allo sfacelo. Restò tenacemente a vivere in un Osservatorio molto mal ridotto per studiare l'attività del Vesuvio, anche durante l'eruzione del 1906 che studiò in dettaglio, fino a morire di polmonite nel 1909.

2. La modernità del pensiero vulcanologico di Mercalli

Quando nel 1911 Giuseppe Mercalli ottiene finalmente la Direzione dell'Osservatorio Vesuviano, questo è in condizioni critiche, ed ai limiti dell'agibilità anche per gli effetti della grande eruzione vesuviana del 1906. Mercalli, che nel frattempo aveva fatto numerose e preziose esperienze di grandi terremoti ed eruzioni, mette a punto un programma estremamente ambizioso e lungimirante non solo per l'Osservatorio Vesuviano, ma più in generale per lo sviluppo della vulcanologia.

Il suo programma è incredibilmente innovativo ed anticipa praticamente tutti i temi principali della vulcanologia moderna.

Nel seguito sono elencati i suoi punti programmatici principali, e dopo il trattino la branca equivalente della moderna vulcanologia prefigurata da ogni punto:

- 1) studio delle manifestazioni dinamiche del vulcano (terremoti, boati, fumarole, colate laviche, alterazioni delle acque, nubi ardenti, ecc.) - Sismologia Vulcanica;

- 2) indagine sulle eventuali leggi che regolano la successione di tutte le attività eruttive (curva dell'attività) - Statistica dei Fenomeni Precursori delle Eruzioni;
- 3) campionamento ed analisi chimica di tutti i prodotti, da solidi a gassosi, del vulcano. Osservazioni spettroscopiche - Geochimica delle rocce e dei fluidi;
- 4) studio mineralogico e petrografico, in rapporto alle diverse fasi eruttive, delle differenze nel magma eruttato, degli inclusi e dei prodotti di alterazione - Petrologia e Magmatologia;
- 5) studio fisico delle lave, delle fumarole e della colonna eruttiva (temperatura, elettrizzazione, gradiente di conducibilità con la distanza, radioattività, ecc.) - Fisica del Vulcanismo;
- 6) misure topografiche di precisione e osservazione (con foto) dei cambiamenti morfologici prodotti dalle eruzioni e fenomeni indotti (frane, colate di fango, ecc.) - Geodesia Vulcanica;
- 7) osservazioni meteorologiche e geofisiche su gradiente geotermico, accelerazione di gravità, correnti telluriche ecc. in possibile rapporto con l'attività eruttiva - Analisi dei Precursori;
- 8) studio di eventuali relazioni tra attività vulcanica ed altri fenomeni geodinamici o astronomici come terremoti, attrazioni lunisolari, ecc. - Interazione Mutua attraverso Variazioni di Sforzo.;
- 9) ricerche sperimentali di laboratorio per chiarire gli aspetti del vulcanismo da un punto di vista fisico-mineralogico - Vulcanologia Sperimentale;
- 10) studio della geologia dell'edificio vulcanico e delle modalità della sua formazione. Analisi delle principali eruzioni storiche alla luce delle attuali conoscenze - Geologia e Sedimentologia degli Apparat Vulcanici.

Come è noto, purtroppo Mercalli non visse abbastanza per vedere realizzato il suo progetto, e comunque anche nei tre anni della sua Direzione la risposta del Governo Italiano alle sue illuminate richieste fu molto tiepida e di fatto poco concludente.

3. Dalla morte di Mercalli al grande bradisisma flegreo

Dopo la morte di Mercalli nel 1914 iniziano altri anni bui per l'Osservatorio Vesuviano, che culminano, nel 1923, con l'abolizione della qualifica di Direttore e la conduzione dell'Osservatorio da parte di un "Comitato Vulcanologico Universitario". Nel 1927, con il ripristino della figura di Direttore assegnata ad Alessandro Malladra, l'Osservatorio riacquista finalmente una posizione di prestigio nel panorama internazionale. In questo periodo, l'Osservatorio inizia la pubblicazione del "Bulletin Volcanologique", che diviene successivamente una rivista internazionale autonoma, cambiando poi il nome, dall'inizio degli anni '90, nell'attuale "Bulletin of Volcanology".

Nel 1935 inizia la direzione di Giuseppe Imbò, che si dedicò in particolare al miglioramento della rete sismica, costruendo tra l'altro i "Bunker" nella parte alta del Vesuvio, che ancora oggi ospitano stazioni sismiche per il monitoraggio del vulcano. Imbò riuscì, principalmente dal monitoraggio sismico, a prevedere con un certo anticipo l'eruzione del 1944, avvisando il Governo alleato allora di stanza a Napoli. Il comando Americano non dette molto peso agli avvertimenti di Imbò, e per questo patì gravi danni agli aerei di stanza nell'aeroporto di Terzigno, ai piedi del vulcano (Fig. 2).



Figura 2. I danni ai velivoli alleati nel campo di aviazione di Terzigno. Marzo 1944.

Imbò, che era uno studioso del Vesuvio, fu preso alla sprovvista dal primo grande episodio moderno di bradisisma ascendente dei Campi Flegrei, iniziato nel 1969. Nel 1970, in risposta agli alti tassi di sollevamento osservati, di più di mezzo metro all'anno, fece ordinare l'evacuazione del Rione Terra, episodio molto controverso che fu condotto all'epoca con metodi autoritari e sbrigativi. Per la conduzione scientifica dell'episodio di bradisisma flegreo, Imbò ebbe un'aspra diatriba con un altro importante vulcanologo, il francese Haroun Tazieff, che giudicava eccessiva e non giustificata la preoccupazione di Imbò per un'imminente eruzione e principalmente l'evacuazione del Rione Terra (Fig. 3).



Figura 3. L'evacuazione del Rione Terra a Pozzuoli, nel 1970.

Il successore di Imbò, Paolo Gasparini, dovette affrontare la più grande crisi sismica italiana in tempi moderni: il terremoto irpino-lucano, che produsse più di 3000 morti. Anche in questo caso il Direttore dell'Osservatorio, coadiuvato da Giuseppe Luongo e dal gruppo di sismologi che faceva capo a Roberto Scarpa, dovette gestire la crisi non solo da un punto di vista puramente scientifico, ma anche assumendo molte responsabilità oggi appannaggio della Protezione Civile, che allora era ancora in embrione.

La più importante crisi vulcanica moderna in Italia, comunque, fu l'episodio di bradisisma dei campi Flegrei del 1982-1984, e fu gestita in maniera esemplare, anche in questo caso con molte responsabilità oggi tipiche della Protezione Civile, dall'Osservatorio Vesuviano diretto da Giuseppe Luongo, insediatosi proprio nel 1982. In questa occasione, oltre ad un sollevamento del suolo con tassi che sfiorarono il metro all'anno, si registrarono circa 15.000 terremoti, il più forte dei quali, di magnitudo 4.2 avvenuto nell'Ottobre 1983, fu la causa principale dell'evacuazione dell'intero centro di Pozzuoli, con circa 40.000 abitanti che furono trasferiti nella nuova cittadina di Monteruscello, costruita a tempo di record per l'occasione (Fig. 4).



Figura 4. L'allestimento di una tendopoli a via Napoli (Pozzuoli), prima dell'evacuazione (1983).

L'evacuazione fu condotta stavolta in maniera esemplare, condivisa sostanzialmente dagli abitanti fortemente preoccupati dalla perdurante crisi sismica. In quell'occasione, l'Osservatorio Vesuviano, in collaborazione con l'Università del Wisconsin, introdusse per la prima volta in Italia una rete sismica mobile di stazioni digitali, ossia che registravano i segnali su nastro in formato digitale già pronto per l'analisi al computer. Le stesse stazioni vennero anche impiegate, trasportate da Napoli, per registrare una serie di sequenze sismiche che avvennero nel 1984 in Italia, in particolare la sequenza di repliche del terremoto del Parco Nazionale dell'Abruzzo (detto di San Donato Val Comino). Si può senza dubbio affermare che la sismologia moderna in Italia conobbe il più grande sviluppo nei primi anni '80, trainata principalmente dai sismologi dell'Osservatorio Vesuviano proprio a seguito del terremoto irpino e del bradisisma flegreo.

4. L'Osservatorio Vesuviano oggi

Dal 1984, al culmine del bradisisma flegreo, l'Osservatorio Vesuviano iniziò ad effettuare i turni di sorveglianza ventiquattr'ore su ventiquattro. Da allora, parallelamente allo sviluppo contemporaneo dell'Istituto Nazionale di Geofisica (ING) e della Protezione Civile Italiana, inizia l'impegno specifico nella sorveglianza vulcanica che dura tutt'oggi.

Nel 2000 l'Osservatorio Vesuviano viene accorpato, insieme all'ING ed a diversi Istituti CNR come l'IIV di Catania, l'IGF di Palermo e l'Istituto per le ricerche sismologiche di Milano, nel nuovo Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Da allora, divenuto sezione di Napoli dell'INGV, l'Osservatorio Vesuviano assume il compito specifico della sorveglianza delle aree vulcaniche napoletane: Vesuvio, Campi Flegrei ed Ischia. La ricerca scientifica dell'Osservatorio continua a spaziare su molte branche della vulcanologia, della sismologia, della geofisica applicata e della geotermia.

Oltre a numerosi progetti innovativi per la vulcanologia, il monitoraggio delle aree a rischio sismico e vulcanico, la sismologia tettonica e vulcanica e la geotermia, è dall'Osservatorio Vesuviano che parte, nel 2005, un progetto destinato a caratterizzare fortemente la vulcanologia del futuro, a partire dalle aree napoletane: il Campi Flegrei Deep Drilling Project (Fig. 5).

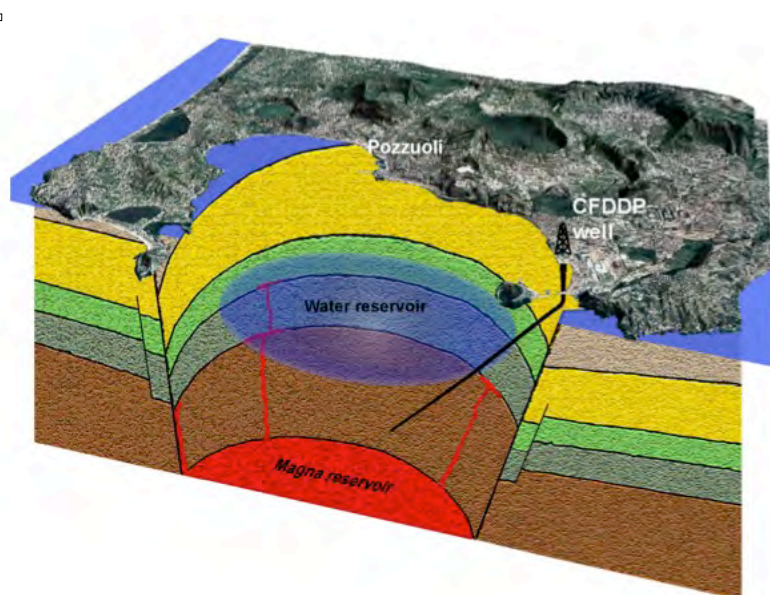


Figura 5. Schema del pozzo deviato di profondità fino a 3.5 km previsto nel Progetto CFDDP.

Per la prima volta, con questo progetto, si propone di studiare direttamente la struttura ed i meccanismi di attività di una grande caldera di collasso (i Campi Flegrei) con perforazioni profonde a scopo scientifico. L'obiettivo, ambizioso ed innovativo, è quello di utilizzare una tecnica generalmente relegata, per i suoi alti costi, ad attività di sfruttamento economico delle risorse del sottosuolo (petrolio, gas, fluidi geotermici, ecc.), per studiare in maniera diretta l'interno dei vulcani, facendo luce sui meccanismi di funzionamento e sulle

grandi potenzialità energetiche. Questa idea, mirata a far progredire considerevolmente la ricerca vulcanologica e parallelamente a mitigare sostanzialmente il rischio vulcanico, non poteva nascere che nel luogo dove tale rischio è il più alto al mondo, perché più alto è il valore esposto, in termini economici e di vite umane.

Il materiale iconografico e documentario citato e/o riportato nel presente volume è consultabile presso l'Archivio storico del ROV (Unità Funzionale del Reale Osservatorio Vesuviano).

Gli editors di questo numero ringraziano Francesca Di Stefano, della Redazione del Centro Editoriale Nazionale dell'INGV, per la cura e la professionalità dimostrata nella consulenza editoriale e composizione di questo volume.

Coordinamento editoriale e impaginazione

Centro Editoriale Nazionale | INGV

Progetto grafico e redazionale

Daniela Riposati | Laboratorio Grafica e Immagini | INGV

© 2014 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata, 605

00143 Roma

Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

<http://www.ingv.it>



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia